Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

L'OXYDE D'ÉTHYLÈNE

Canada

mai 1985

87-01878/

COLLECTION "ENVIROGUIDE"

La collection "Enviroguide" est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

L'OXYDE D'ÉTHYLÈNE

CONSERVATION
ET PROTECTION

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
MAI 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par la Section des publications
Conservation et Protection
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0E7

Édition française de
Ethylene Oxide
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

Nº de cat. En48-10/39-1986F

ISBN 0-662-94033-4

AVANT-PROPOS

La collection "Enviroguide" a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels au Canada. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour faciliter la préparation des plans d'intervention et l'évaluation des incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte provient en grande partie d'une enquête bibliographique et les auteurs ont pris soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. À noter qu'il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement canadien ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent manuel est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VIII
	Abréviations et symboles	IX
	Définitions	XI
	Sigles	XIII
1	**Résumé**	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	4
3	**Production, transport et commerce**	12
3.1	Qualités et teneurs	12
3.2	Fabricants situés au Canada	12
3.3	Centres de production et transport	12
3.4	Volume de production	12
3.5	Projets	13
3.6	Fabrication industrielle	13
3.6.1	Information générale	13
3.6.2	Procédé de fabrication	13
3.7	Principales utilisations au Canada	13
3.8	Principaux acheteurs au Canada	13
4	**Manutention du produit et compatibilité des matériaux**	14
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	14
4.1.1	Information générale	14
4.1.2	Bouteilles	14
4.1.3	Wagons-citernes	14
4.1.4	Fûts	15
4.2	Déchargement	15
4.2.1	Équipement et opérations de déchargement des bouteilles	15
4.2.2	Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes	16
4.2.3	Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement	16
4.3	Compatibilité entre le produit et certains matériaux	20
5	**Fuite et migration du produit**	24
5.1	Aperçu général	24
5.2	Fuite du produit	24
5.2.1	Introduction	24
5.2.2	Nomogrammes des fuites	25
5.2.2.1	Perforation dans le bas: fuite de liquide	25
5.2.2.2	Perforation dans le haut: fuite des gaz	26
5.2.3	Exemples de calcul	26
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	29
5.3.1	Introduction	29
5.3.2	Nomogrammes de la diffusion de la bouffée de vapeurs	31
5.3.2.1	Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	31
5.3.2.2	Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse	34
5.3.2.3	Distance parcourue par la bouffée en fonction du temps écoulé	38

5.3.3	Étapes du calcul	38
5.4	Comportement dans l'eau	41
5.4.1	Introduction	41
5.4.2	Étalement sur l'eau	41
5.4.3	Diffusion dans l'eau	42
5.4.4	Nomogrammes	42
5.4.4.1	Étalement sur un plan d'eau (calme)	44
5.4.4.2	Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées	44
5.4.4.3	Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau	52
5.4.5	Exemples de calcul	52
5.4.5.1	Étalement sur l'eau	52
5.4.5.2	Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	52
5.4.5.3	Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau	55
5.5	Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol	55
5.5.1	Introduction	55
5.5.2	Migration du polluant dans un sol à capacité au champ	56
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	56
5.5.4	Types de sol	56
5.5.5	Nomogrammes de la migration	59
5.5.6	Exemple de calcul	59
6	**Protection de l'environnement**	63
6.1	Limites maximales admissibles	63
6.1.1	Qualité de l'eau	63
6.1.2	Qualité de l'air	63
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	63
6.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	63
6.2.2	Mesures de la toxicité	63
6.3	Autres effets toxiques au sol et dans l'atmosphère	63
6.4	Dégradation du polluant	63
6.5	Devenir et effets à long terme	64
7	**Protection de la santé**	65
7.1	Normes de qualité d'air ambiant	65
7.2	Données sur l'action irritante	66
7.2.1	Contact avec la peau	66
7.2.2	Contact avec les yeux	67
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	67
7.3.1	Odeur	67
7.3.2	Saveur	68
7.4	Études sur les effets toxiques	68
7.4.1	Inhalation	68
7.4.2	Ingestion	69
7.4.3	Mutagénicité, tératogénicité et carcinogénicité	70
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	72
7.5.1	Inhalation	72
7.5.2	Ingestion	73
7.5.3	Contact avec la peau	73
7.5.4	Contact avec les yeux	73
8	**Compatibilité chimique**	74
8.1	Compatibilité entre l'oxyde d'éthylène et divers agents	74

9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	77
9.1	Mesures recommandées	77
9.1.1	Danger d'incendie	77
9.1.2	Moyens d'extinction	77
9.1.3	Évacuation des lieux	78
9.1.4	Mesures d'intervention en cas de déversement	78
9.1.4.1	Information générale	78
9.1.4.2	Déversement sur le sol	78
9.1.4.3	Déversement dans l'eau	78
9.1.5	Élimination du polluant	79
9.1.6	Appareils et vêtements de protection	79
9.1.7	Entreposage	79
9.1.7.1	Information générale	79
9.1.7.2	Entreposage des fûts	80
10	**Cas de déversement accidentel**	81
10.1	Information générale	81
10.2	Déversement dû à un wagon-citerne fuyard	81
11	**Identification et dosage du polluant**	82
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air	82
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	82
11.2	Identification du polluant présent dans l'air	83
11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau	83
11.3.1	Infrarouge de partage	83
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau	83
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol	84
11.5.1	Infrarouge de partage	84
11.6	Identification du polluant présent dans le sol	84
12	**Références et bibliographie**	85
12.1	Références	85
12.2	Bibliographie	90

LISTE DES FIGURES

1	Tension de vapeur en fonction de la température	8
2	Diagramme de phases du système oxyde d'éthylène · eau	9
3	Masse volumique du liquide en fonction de la température	10
4	Viscosité de la vapeur en fonction de la température	10
5	Viscosité du liquide en fonction de la température	11
6	Diagramme de phases	11
7	Wagon-citerne de spécification 105A100W	17
8	Orifice au-dessus ou au-dessous du niveau du liquide	25
9	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	27
10	Débit de fuite en fonction du diamètre de l'orifice	27
11	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	28
12	Débit de fuite en fonction du diamètre de l'orifice	28
13	Formation d'une bouffée de vapeurs	30
14	Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse	32
15	Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	33
16	Conversion des unités de la TLV® (ppm en g/m^3)	35
17	Conversion en g/m^3 du pourcentage volumique de la limite inférieure d'inflammabilité	36
18	Distance parcourue par la bouffée en fonction du temps écoulé	39
19	Zone dangereuse maximale sous un vent invariable	40
20	Zone dangereuse maximale sous un vent variable	40
21	Rayon maximal de la nappe en fonction de la masse de liquide déversé	44
22	Étapes à suivre pour calculer la teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées	45 46
23	Distance en fonction du temps	47
24	Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal	48
25	Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique	49
26	Alpha en fonction du coefficient de distribution turbulente	50
27	Delta en fonction de alpha	51
28	Teneur maximale en fonction de delta	53
29	Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique	54
30	Teneur moyenne en fonction du volume d'eau	57
31	Migration dans le sous-sol	58
32	Plan d'utilisation des nomogrammes	60
33	Migration dans un sable grossier	61
34	Migration dans un sable limoneux	62
35	Migration dans un till argileux	

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	7
2	Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux bouteilles utilisées pour l'oxyde d'éthylène	14
3	Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour l'oxyde d'éthylène	15
4	Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 105A100W	18
5	Compatibilité entre l'oxyde d'éthylène et certains matériaux de fabrication	21
6	Abréviations normalisées des noms de matériaux de fabrication	23
7	Catégories météorologiques (de stabilité)	31
8	Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse d'oxyde d'éthylène	37

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
B	Périmètre mouillé
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.*	Dose létale minimale
DL 50*	Dose létale moyenne
DT min.	Dose toxique minimale
et coll.	Et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
h	Hauteur
IDLH*	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	Jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
K_0	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	Litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
M	Molaire
MAK*	Teneur maximale admissible
MAK-D*	Teneur maximale admissible
MAK-K*	Teneur maximale admissible - courte durée
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK*	Teneur maximale d'immission
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse moléculaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
N	Normal
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL*	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL*	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._a$	Température ambiante
$temp._c$	Température critique
TE 50*	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50*	Teneur inhibitrice moyenne
TLm*	Tolérance moyenne
TL min.*	Teneur létale minimale

TL 50*	Teneur létale moyenne
TLV®*	*Threshold Limit Value*
TLV® -C*	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.*	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

* Notions expliquées dans la section Définitions.

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection "Enviroguide". Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au *Manuel d'introduction Enviroguide*.

Bio-accumulation. - Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. - Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. - Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. - Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. - Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la *Loi sur les contaminants de l'environnement*.

Dose létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. - La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. - Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* - Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. - Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un "récepteur" qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. - En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. - Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. - Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV - *Short Term Exposure Limit).* - Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. - Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. - Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV® -C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. - La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). - Rapport de la masse d'une substance dissoute

à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV® -C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* - Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. - Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CAS	Chemical Abstracts Service Registry System
CBG	Chemical Buyer's Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code (Amérique du Nord)

1 RÉSUMÉ

Oxyde d'éthylène (CH_2OCH_2)

Gaz incolore possédant un goût sucré et une odeur d'éther éthylique.

Synonymes

Oxyde de diméthyl, époxy-1,2 éthane, époxyéthane, ETO, oxacyclopropane, oxane, oxydoéthane, oxiran, oxirane, anprolène, dihydro-oxirène, E.O., oxyde de diméthylène.

Numéros d'identification

UN1040, 1041 (pour mélanges à teneur maximale de 10 p. 100 en dioxyde de carbone), 1952 (pour mélanges à teneur maximale de 17 p. 100 en oxyde d'éthylène et de dioxyde de carbone); CAS 75-21-8; OHM-TADS 7216724; STCC 4906610.

Qualités et teneurs

Qualité commerciale: > 99,9 p. 100.

Dangers immédiats

Incendie. - Inflammable. Les vapeurs sont explosives. Les incendies sont difficiles à maîtriser.

Effet sur l'homme. - Toxicité élevée par ingestion et toxicité moyenne par inhalation. On soupçonne le produit d'être cancérogène.

Effets sur l'environnement. - Nocif aux espèces du milieu aquatique.

Données relatives aux propriétés physiques

État à l'expédition	Liquide (sous pression)
État (15 °C, 1 atm)	Gaz
Point d'ébullition	10,4 °C
Point de congélation	-112,5 °C
Inflammabilité	Inflammable
Point d'éclair	< -18 °C (c.f.)
Tension de vapeur	101 kPa (10 °C)
Densité de la vapeur	1,49
Densité du liquide	0,8969 (à 0 °C)
Solubilité (dans l'eau)	Complètement soluble
Comportement (dans l'eau)	Flotte et se mélange
Comportement (dans l'air)	Forme avec l'air un mélange explosif
Plage du seuil olfactif	250 à 7000 ppm

Dangers pour l'environnement

L'oxyde d'éthylène est toxique pour les poissons à des teneurs de l'eau aussi faibles que 90 mg/l. Il affecte la germination et exerce une action mutagène sur les plantes.

Dangers pour l'homme

Teneur maximale admissible (TLV®) établie par l'ACGIH: 1 ppm. Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH) établie par le NIOSH: 800 ppm.

Effets en cas d'inhalation. - Les vapeurs irritent les yeux, les voies respiratoires (supérieures) et les poumons. Elles provoquent des maux de tête, des étourdissements, la somnolence, la toux, la nausée, des difficultés respiratoires, la dépression du système nerveux central et l'oedème pulmonaire.

Effets en cas de contact. - Le contact avec la peau ou les yeux cause de l'irritation et des brûlures. Produit une sensibilisation de la peau semblable à l'exzéma, des ampoules, des engelures et parfois une dermite.

Dispositions immédiates à prendre

● En cas de déversement

Interdire l'accès au lieu où s'est produit l'accident. Signaler: "PRODUIT INFLAMMABLE ET TOXIQUE". Avertir le service des incendies et le fabricant. Éliminer tout risque d'inflammation, notamment arrêter la circulation de véhicules et le fonctionnement d'appareils. Arrêter l'écoulement et confiner le liquide déversé si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le liquide ou les vapeurs; s'assurer que le vent souffle les vapeurs loin de soi. Empêcher l'eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

● En cas d'incendie

Arrêter la fuite avant d'éteindre le feu. En cas de feu, ne pas réduire la pression dans les récipients. Arroser les récipients pour les refroidir. Pour éteindre l'incendie, faire usage de mousse à l'alcool, de produits chimiques à l'état sec et de neige carbonique. Pour que l'eau éteigne le feu, il faut que le produit déversé soit fortement dilué. Se tenir éloigné des extrémités du wagon-citerne. Après l'extinction de l'incendie, une nouvelle inflammation ou une explosion peut se produire.

Mesures d'intervention d'urgence

● Oxyde d'éthylène répandu sur le sol

Construire des digues pour contenir le produit déversé.

● Oxyde d'éthylène déversé dans l'eau

Endiguer, détourner l'eau ou construire des barrages naturels. Si la chose est possible, traiter l'eau *in situ* ou la transporter pour traitement subséquent.

● Oxyde d'éthylène émis dans l'atmosphère

Pour disperser ou abattre les vapeurs inflammables, faire usage d'un jet d'eau pulvérisée. Confiner l'eau de lavage pour traitement subséquent ou pour l'éliminer.

Niveau de gravité du risque selon la NAS

	Cote
Incendie	4
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	3
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	3
Intoxication	2
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	3
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	2
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	1
Réactivité	
Autres produits chimiques	3
Eau	1
Réaction spontanée	4

Évaluation du risque selon la NFPA

Champ inférieur vide: utiliser l'eau comme moyen d'extinction

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Propriétés physiques	
Aspect	Vapeurs incolores à 20 °C. Aux températures plus basses, il y a condensation et formation d'un liquide incolore (Dow MSDS, 1980).
État à l'expédition	Liquide, sous pression (Dow ERIS, 1981)
État d'agrégation (15 °C, 1 atm)	Vapeur
Variables d'état	
Point de congélation	-112,5 °C (Kirk-Othmer, 1980)
Point d'ébullition	10,4 °C (Kirk-Othmer, 1980)
Tension de vapeur	101 kPa (10 °C) (CRC, 1980)
Masses volumiques et densités	
Masse volumique du liquide	0,8969 g/ml (0 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
Masse volumique de la vapeur	1,795 kg/m^3 (20 °C) (Matheson, 1974)
Densité relative du liquide	0,8824 (10°/10 °C) (CRC, 1980)
Densité relative de la vapeur	1,49 (Celanese PB, 1978)
Propriétés relatives à l'inflammabilité et à la combustion	
Inflammabilité	Liquide ou vapeur inflammable selon la température (NFPA, 1978)
Point d'éclair	< -18 °C (c.f.) (NFPA, 1978) -17,7 °C (coupelle ouverte Tag) (Bridge, 1980) 60 °C (0,3 p. 100 (*m*/*m*) solution aqueuse) (Ullmann, 1975) 32 °C (solution aqueuse à 2,5 p. 100) (Ullmann, 1975) -2 °C (solution aqueuse à 5 p. 100) (Ullmann, 1975) -6,5 °C (solution aqueuse à 12 p. 100) (Ullmann, 1975)
Température d'auto-inflammation	429 °C (NFPA, 1978)
Vitesse de la flamme	3,5 mm/mn (CHRIS, 1978)
Limite supérieure d'inflammabilité	100 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Limite inférieure d'inflammabilité	3,0 p. 100 (vol./vol.) (Kirk-Othmer, 1980)
Chaleur de combustion	1306 kJ/mol (25 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
Produits de combustion	Dioxyde de carbone et eau (CRC, 1980)

Risque de retour de flamme	Il peut y avoir déplacement considérable des vapeurs vers la source d'inflammation et production d'un éclair (NFPA, 1978).
Explosibilité	Les vapeurs forment avec l'air des mélanges explosifs sur une plage étendue (NFPA, 1978). Le potentiel explosif est de 0,75 comparé au TNT (CCPA, 1983).
Comportement au feu	La combustion de solutions aqueuses d'oxyde d'éthylène se poursuit jusqu'à une dilution de 22 volumes d'eau pour un volume d'oxyde d'éthylène (NFPA, 1978). Il y a possibilité de combustion dans une atmosphère à très basse teneur en oxygène.
Risque d'inflammation par l'électricité	Une décharge d'électricité statique peut produire l'inflammation.

Solubilité/miscibilité

Eau	Complètement soluble (Dow MSDS, 1989) 195 ml/ml (20 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
Autres corps communs	Miscible à l'alcool éthylique, l'éther et la plupart des solvants organiques (Celanese PB, 1978) Soluble dans l'acétone, le benzène, le tétrachlorure de carbone et l'alcool méthylique (Ullmann, 1975)

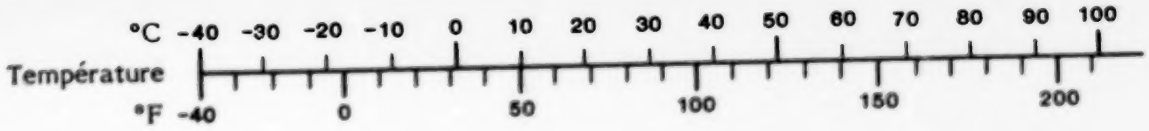
Autres propriétés

Masse moléculaire du corps pur	44,05 (CRC, 1980)
Indice de réfraction	1,3597 (liquide à 7 °C) (CRC, 1980)
Viscosité	$9,45 \times 10^{-3}$ mPa . s (25 °C, état gazeux) 0,254 mPa . s (10 °C, état liquide) (Matheson, 1974)
Tension superficielle liquide-air	24,3 mN/m (20 °C) (CRC, 1980)
Hygroscopicité	Peu élevée (Celanese PB, 1978)
Chaleur latente de fusion	5,15 kJ/mol (au point de fusion) (CRC, 1980)
Chaleur latente de sublimation	24,9 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur latente de vaporisation	28,5 kJ/mol (au point d'ébullition) (CRC, 1980)
Chaleur de polymérisation	-92,1 kJ/mol (Ullmann, 1975)
Chaleur de formation	-52,63 kJ/mol (25 °C) (JANAF, 1971)
Entropie	242,4 J/(mol . K) (25 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
Potentiel d'ionisation	10,56 eV (Krassig, 1974)
Chaleur de dissolution	-6,25 kJ/mol (CHRIS, 1978)
Résistance électrique	$2,1 \times 10^{-8}$ ohm^{-1} (Ullmann, 1975)

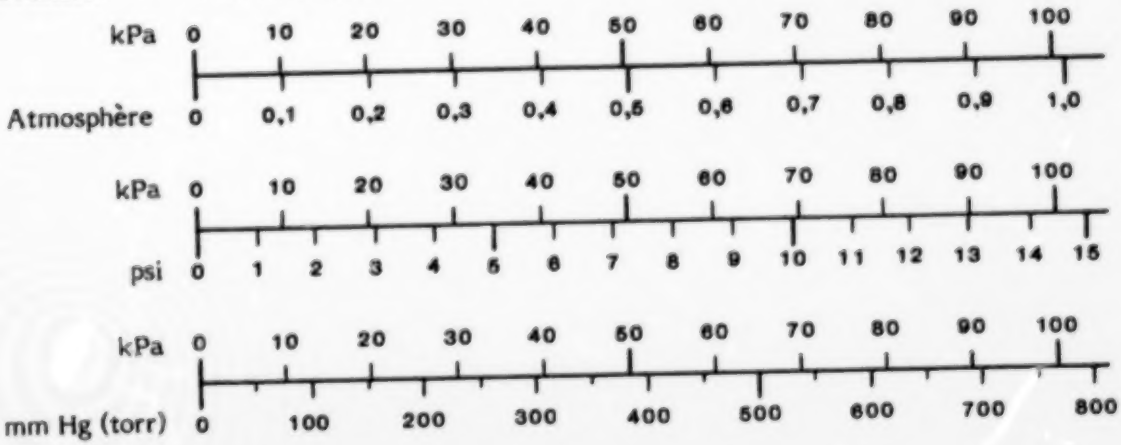
Constante diélectrique	13,71 (liquide à 0 °C) (Kirk-Othmer, 1980) 1,61 (vapeur à 15 °C) (Ullmann, 1975)
Moment dipolaire	1,90 D (Kirk-Othmer, 1980)
Capacité thermique molaire à pression constante	88,46 J/(mol . °C) (liquide à 20 °C) 48,28 J/(mol . °C) (vapeur à 25 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
à volume constant	39,6 J/(mol . °C) (vapeur à 27 °C) (CRC, 1980) (CHRIS, 1978)
Pression critique	7194 kPa (CRC, 1980)
Température critique	195,8 °C (CRC, 1980)
Coefficient de dilatation thermique	$1,61 \times 10^{-3}$/°C (20 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
Conductivité thermique	0,012 W/(m . K) (vapeur à 27 °C) (Kirk-Othmer, 1980) 0,039 W/(m . K) (liquide à 20 °C) (Matheson, 1980)
Log_{10} du coefficient de partage octanol/eau	-0,30 (Hansch et Leo, 1979)
Facteur de conversion pour les vapeurs	1 ppm = 1,829 mg/m^3 (20 °C) (1 mg/m^3 = 0,55 ppm) (Verschueren, 1984)

Tableau 1

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **NOMOGRAMMES DE CONVERSION**



Pression 1 kPa = 1000 Pa



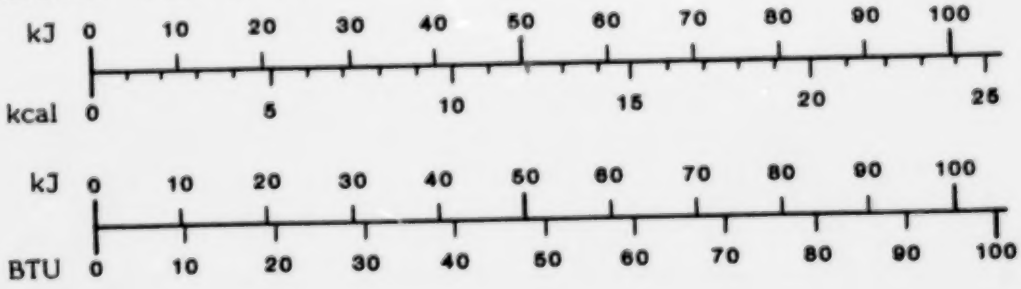
Viscosité

Dynamique 1 Pa . s = 1000 centipoises (cPo)

Cinématique 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm = 1 mg/l

Énergie (chaleur) 1 kJ = 1000 J



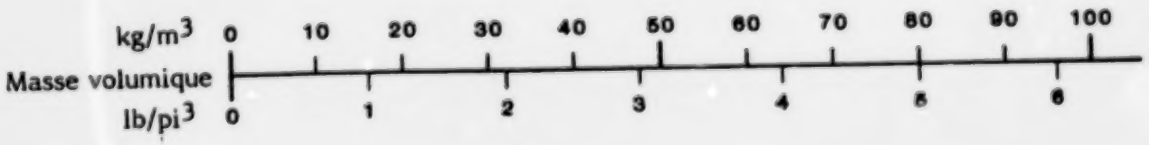


Figure 1

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

TENSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

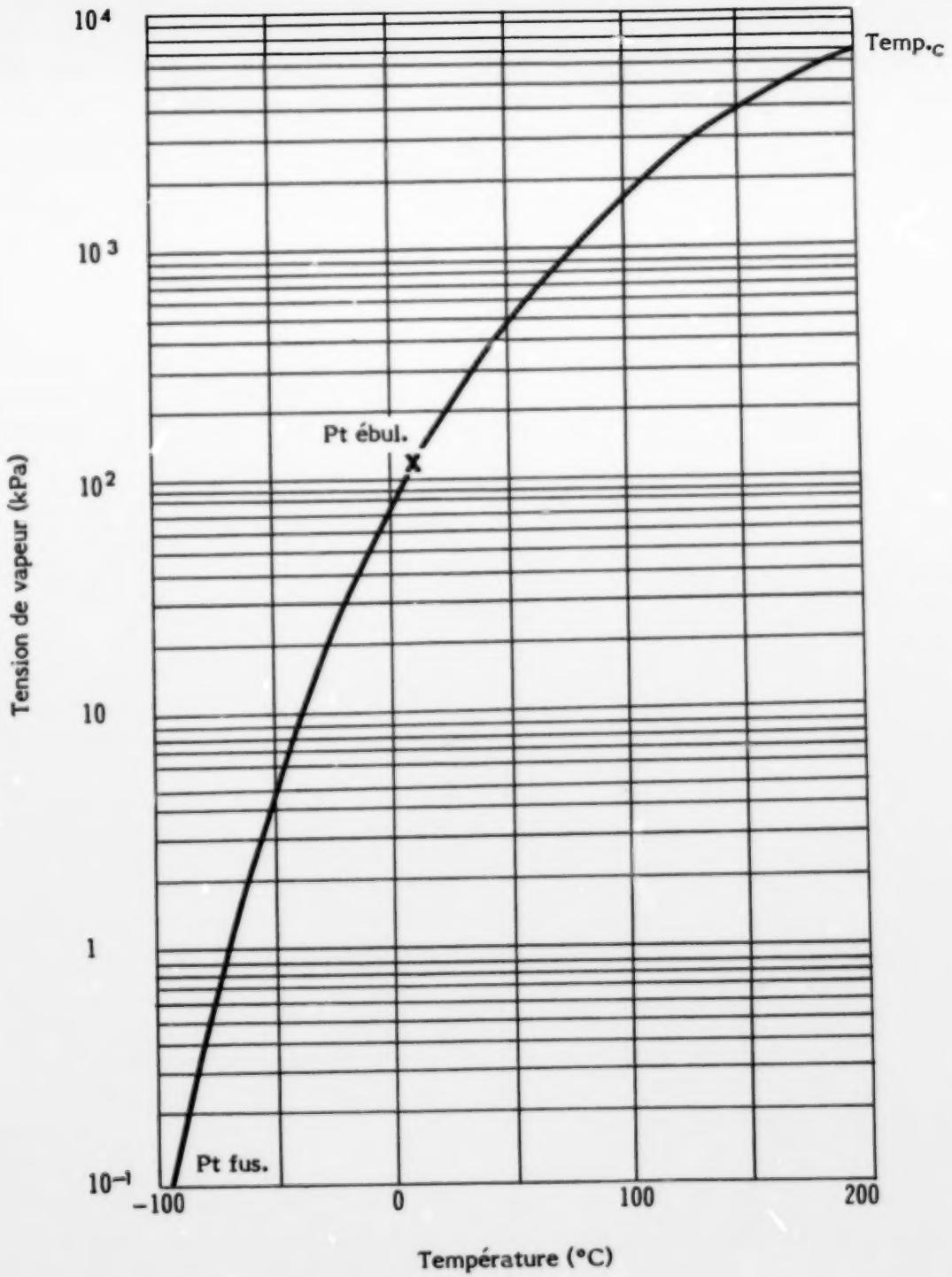


Figure 2

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DIAGRAMME DE PHASES
DU SYSTÈME OXYDE D'ÉTHYLÈNE . EAU

Source: Kirk-Othmer, 1980

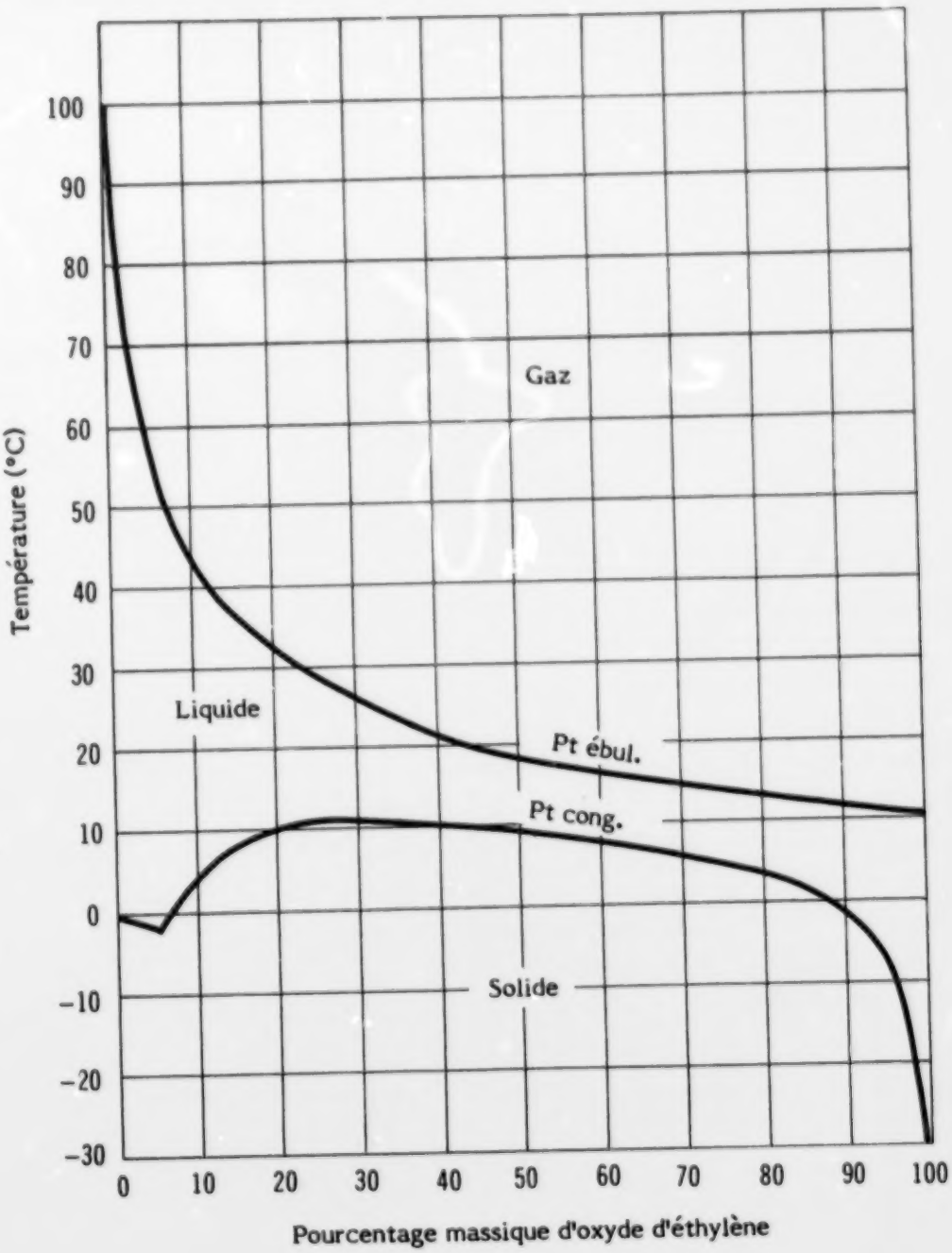


Figure 3

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

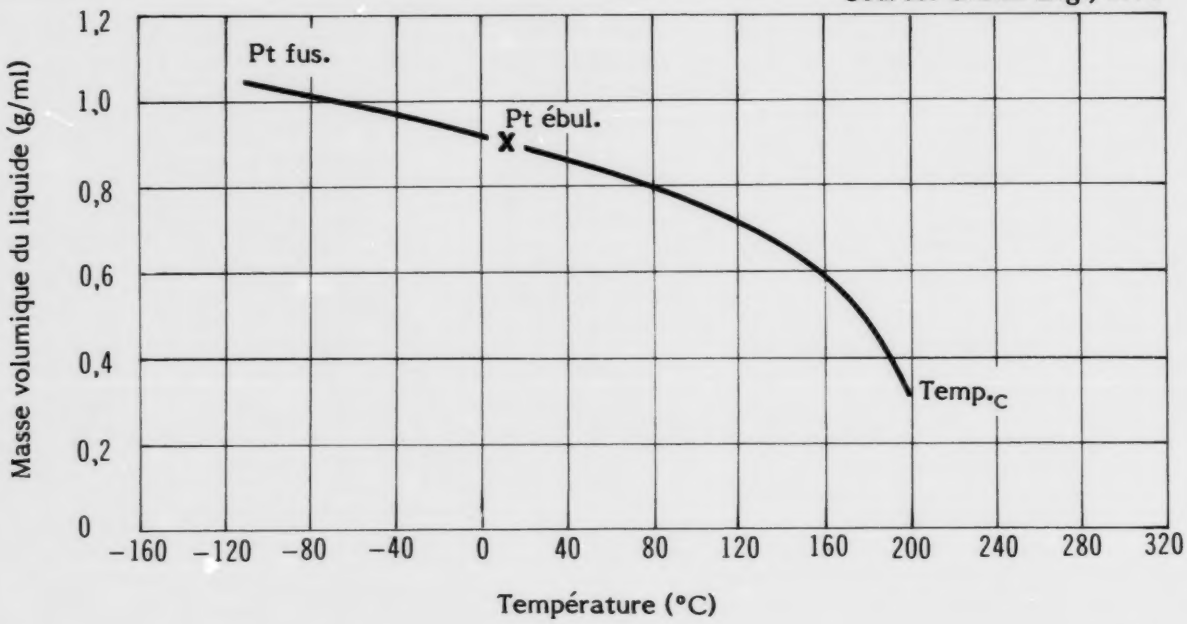


Figure 4

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

VISCOSITÉ DE LA VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

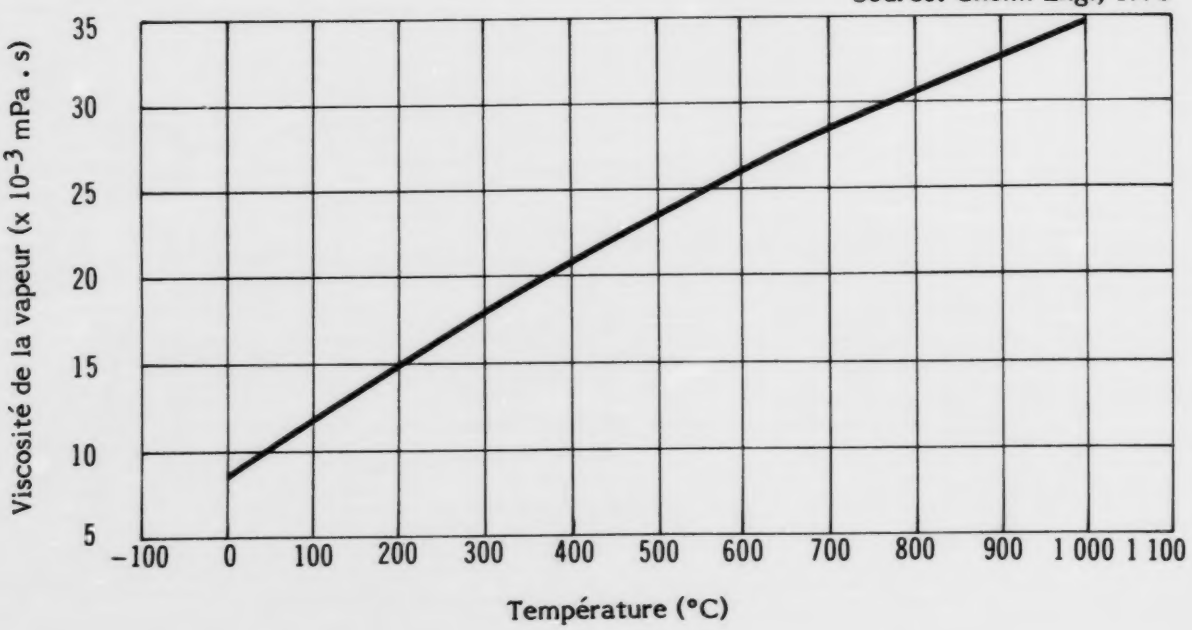


Figure 5

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

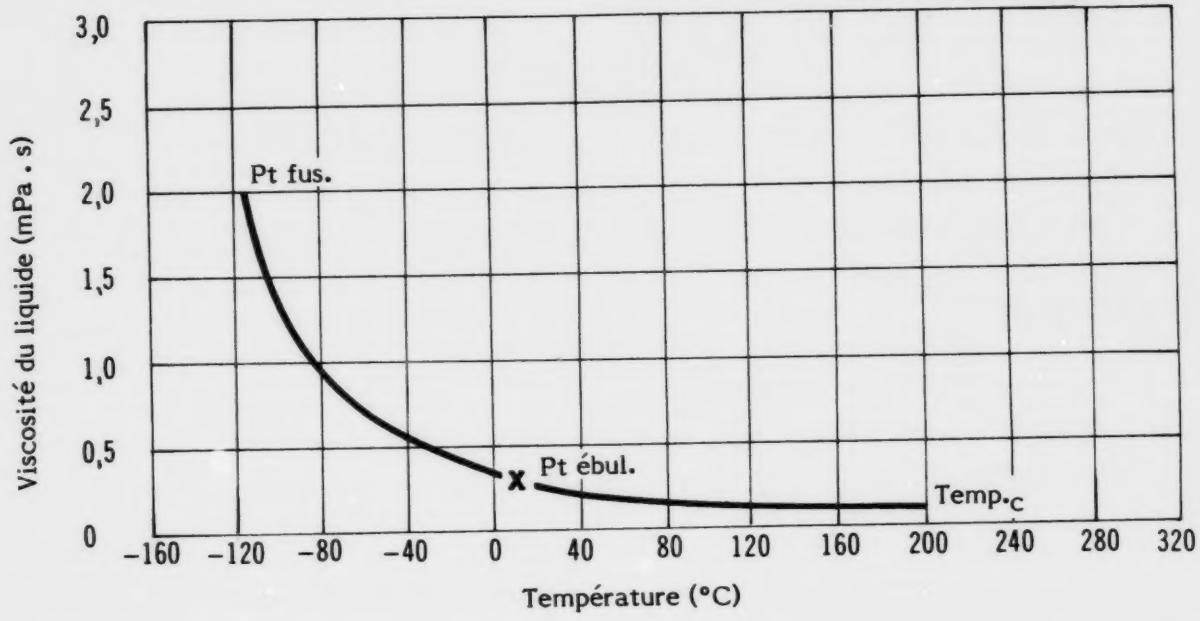
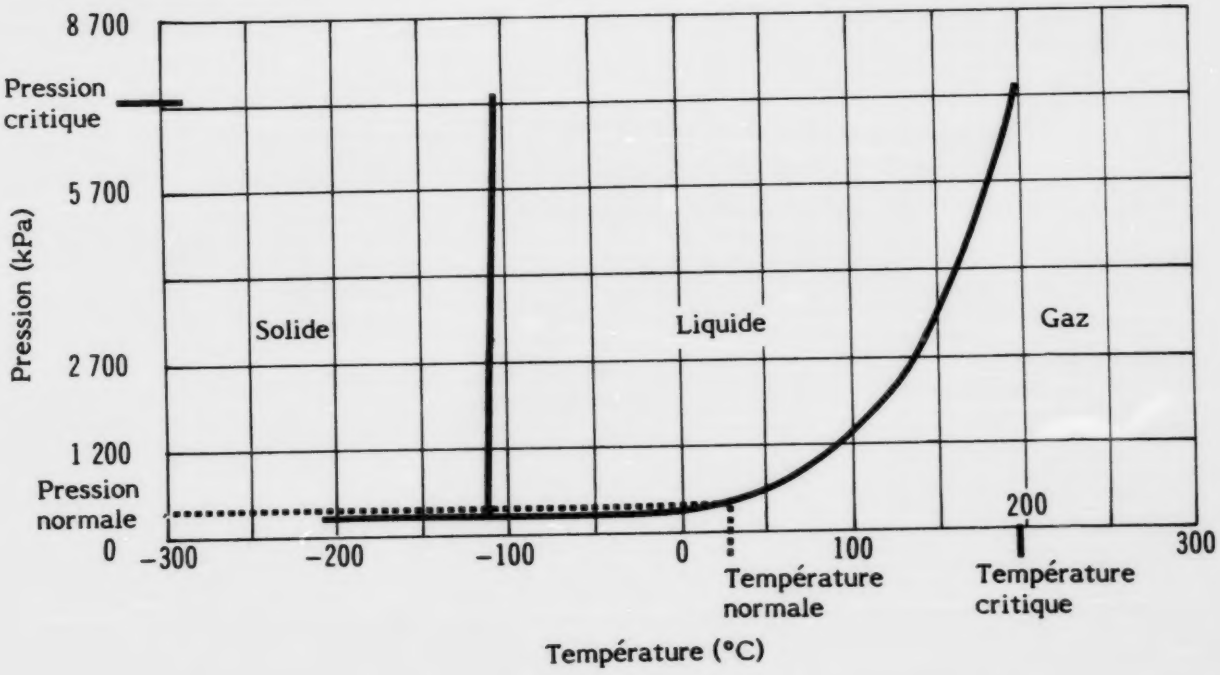


Figure 6

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DIAGRAMME DE PHASES



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et teneurs (Celanese PB, 1978; Kirk-Othmer, 1980)

L'oxyde d'éthylène vendu au Canada est de qualité commerciale à teneur minimale de 99,9 p. 100. Parfois, les impuretés sont indiquées: p. ex: acide: 0,002 p. 100 max. (sous forme d'acide acétique); aldéhydes: 0,003 p. 100 max. (sous forme d'acétaldéhyde); eau: 0,03 p. 100 max. et substances résiduelles: 0,005 g/100 ml max. Pour fins de stérilisation, on mélange souvent l'oxyde d'éthylène au dioxyde de carbone dans des proportions volumiques de 12 à 88 et 10 à 90 (oxyde d'éthylène/dioxyde de carbone). On le mêle aussi au dichlorofluorométhane dans les mêmes proportions. Ces mélanges ne sont pas communs et ne sont pas considérés comme des "qualités".

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1983; CCPA, 1981)

À noter que les adresses ci-dessous sont celles de sièges sociaux et non de services d'intervention.

Dow Chemical Canada Inc., C.P. 1012, Modeland Road, Sarnia (Ontario), N7T 7K7, (519) 339-3131
Union Carbide Canada Ltd., 123 Eglinton Avenue East, Toronto (Ontario), M4P 1J3, (416) 488-1444

3.3 Centres de production et transport

La fabrication de l'oxyde d'éthylène est concentrée à Montréal (Québec), à Fort Saskatchewan en Alberta et à Sarnia en Ontario. L'expédition se fait par wagons-citernes, par tout le pays.

3.4 Volume de production (Corpus, 1984)

Capacité nominale de production et total des approvisionnements

Société	Emplacement de l'usine	Capacité nominale (kt/an, 1982)
Dow Chemical Canada	Sarnia (Ontario)	62,5
Dow Chemical	Ft. Saskatchewan (Alberta)	145
Union Carbide Canada	Montréal (Québec)	75
Total		282,5
Production nationale (1982)		169
Importations (1982)		—
Total des approvisionnements		169

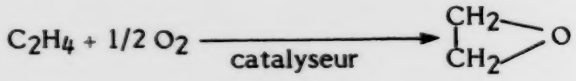
3.5 **Projets** (Corpus, 1983; CCP, 1981)

La compagnie Union Carbide du Canada projetait en 1983 la construction d'une usine d'éthylène glycol (225 kt/an) d'envergure internationale à Prentiss (Alberta). L'usine devait entrer en fonction à la fin de 1984. On projetait de fermer l'usine Dow de Sarnia en 1984.

3.6 **Fabrication industrielle** (Kirk-Othmer, 1980; Shreve, 1977)

3.6.1 Information générale. - Pour la préparation de l'oxyde d'éthylène, on emploie surtout le procédé d'oxydation directe, utilisant l'éthylène comme matière première.

3.6.2 Procédé de fabrication. - On procède par oxydation de l'éthylène (par l'air ou l'oxygène), selon l'équation suivante:



On se sert d'un catalyseur à base d'argent.

3.7 **Principales utilisations au Canada** (Corpus, 1983; Celanese PB, 1978)

On emploie l'oxyde d'éthylène pour la préparation de différentes qualités d'éthylènes glycols et dans la préparation d'éthers glycoliques/polyglycols, d'éthanolamines et d'éthoxylates. On s'en sert pour accélérer le mûrissement des feuilles de tabac, pour la préparation des fongicides utilisés en agriculture, comme agents de surface et dans l'industrie des pâtes et papiers comme modificateur de l'amidon. En 1982, 73 p. 100 de la production au Canada ont servi à la préparation d'éthylènes glycols; on en a exporté 10 p. 100; on en a utilisé 6 p. 100 dans la préparation d'éthoxylate et 6 p. 100 dans la préparation d'éthers glycoliques/polyglycols.

3.8 **Principaux acheteurs au Canada** (Corpus, 1983)

Alkaril Chemicals, Mississauga (Ont.)
Becton Dickenson Canada, Mississauga (Ont.)
C-I-L, McMasterville (QC)
Canadian Alcolac, Valleyfield (QC)
Canadian Liquid Air, Toronto (Ont.).
Chinook Chemical, Sarnia (Ont.)
Domtar (CDC), Longford Mills (Ont.)
Griffith Laboratories, Scarborough (Ont.)
Hart Chemical, Guelph (Ont.)
St. Lawrence Starch, Mississauga (Ont.)

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ DES MATÉRIAUX

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Information générale. - L'oxyde d'éthylène est transporté en vrac à l'état de liquide sous pression, dans des wagons-citernes, bouteilles ou fûts. Au Canada, on utilise rarement les véhicules-citernes routiers pour le transport de l'oxyde d'éthylène; ce mode de transport n'étant pas officiellement permis, il nécessite une autorisation de la part des autorités (Dow TED, 1978).

4.1.2 Bouteilles. - Les bouteilles sont faites d'acier. Leur poids net varie entre 0,45 et 454 kg (1 à 1000 lb) (RTDCR, 1974; MCA, 1971). Elles doivent être conformes aux spécifications du tableau 2.

Tableau 2
Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux bouteilles utilisées pour l'oxyde d'éthylène

Spécification	Description
3B300	Bouteille en acier sans soudure. Pression minimale prévue 1035 kPa (150 psi), maximale 2070 kPa (300 psi). Capacité maximale en eau, 454 kg (1000 lb).
4B400	Bouteille en acier, soudée et brasée. Les soudures longitudinales doivent être forgées, soudées avec recouvrement ou brasées. Capacité maximale en eau: 454 kg (1000 lb). Pression minimale prévue: 1035 kPa (150 psi). Pression maximale prévue: 2760 kPa (400 psi).
4BA500	Bouteille en acier, soudée ou brasée, faite d'aciers à composition spécifiée. Capacité maximale en eau: 454 kg (1000 lb). Pression minimale prévue: 1550 kPa (225 psi). Pression maximale prévue: 3450 kPa (500 psi).
3E1800	Bouteille en acier sans soudure. Diamètre extérieur maximal: 51 mm (2 po). Longueur maximale: 610 mm (2 pi). Pression d'essai: 12 400 (1800 psi).

4.1.3 Wagons-citernes. - Les wagons doivent répondre aux spécifications indiquées au tableau 3 (RTDCR, 1974; TCM, 1979). La figure 7 représente un wagon-citerne type et le tableau 4 en donne les caractéristiques.

Tableau 3
Spécifications CCT/DOT s'appliquant aux wagons-citernes utilisés pour l'oxyde d'éthylène

Spécification	Description
105A100W	Citerne en acier, soudée par fusion avec ajutage dans trou d'homme. Isolée. Organe de vidange par le haut exigé. Soupape de sûreté (518 kPa) (75 psi). Orifice de vidange par le bas et orifice de purge par le bas interdits.
11A100W4	Citerne en acier, soudée par fusion, sans dôme. Isolée. Indicateur de niveau exigé. Organe de vidange par le haut exigé. Soupape de sûreté (518 kPa) (75 psi). Orifice de vidange par le bas et orifice de purge par le bas interdits.

On n'utilise que des wagons-citernes avec dispositifs permettant le déchargement (ou vidange) par le haut au moyen d'une pompe ou d'un gaz inerte (Dow TED, 1978). On ne doit pas utiliser d'air comprimé pour le déchargement (MCA, 1971). Sous chaque robinet de vidange se trouve une tubulure rattachée au couvercle du trou d'homme, qui descend jusqu'au fond de la citerne. Au bout de chaque tubulure, juste sous le couvercle du trou d'homme, se trouve une soupape d'excédent de débit, à boulet montant, qui se ferme quand le débit dépasse environ 3180 kg/h (7000 lb/h). Il s'agit d'un dispositif de protection à fermeture automatique en cas de bris du robinet de vidange ou, le cas échéant, en cas de rupture de la conduite de transvasement (MCA, 1971).

4.1.4 Fûts. - On peut utiliser des fûts isolés, faits d'acier calorifugé, de capacité maximale de 227 l (50 gal). La pression de sécurité est de 345 kPa (50 psi) (MCA, 1971; RTDCR, 1974). La spécification CCT/DOT est de 5P et la masse maximale nette est de 180 kg (400 lb). Les fûts sont équipés d'un tube vertical qui atteint le fond pour le déchargement de l'oxyde d'éthylène à l'état liquide. Pour le déchargement, on utilise un gaz inerte pour maintenir le fût à une pression maximale de 345 kPa (50 psi) (Matheson, 1980; Kirk-Othmer, 1980).

4.2 Déchargement

4.2.1 Équipement et opérations de déchargement des bouteilles. - Il faut observer les directives suivantes pour la manutention et l'entreposage des bouteilles (MCA, 1971):

Les capots de protection des robinets doivent être bien vissés;

Les bouteilles ne doivent pas être stockées près des systèmes de ventilation;

- Les bouteilles doivent être stockées dans un endroit où les risques de corrosion sont réduits au minimum;
- Les bouteilles doivent être en position verticale;
- Les bouteilles vides doivent être séparées des bouteilles pleines.

On se sert d'un bain d'eau à une température maximale de 50 °C pour vider la bouteille sous l'action de la pression de vapeur. Il faut installer des clapets de retenue dans les conduites d'alimentation provenant de la bouteille pour empêcher les réactifs de pénétrer dans celle-ci (MCA, 1971). Un raccord flexible en acier inoxydable pouvant résister à une pression de 4140 kPa (600 psi) devrait être installé entre la bouteille et les conduites de transvasement. (Dow TED, 1978).

4.2.2 Équipement et opérations de déchargement des wagons-citernes. - Avant de procéder au déchargement, il faut prendre les précautions suivantes (MCA, 1971; Union Carbide):

- Le déchargement doit être confié à un personnel compétent;
- Un embranchement en impasse doit être réservé aux wagons-citernes contenant de l'oxyde d'éthylène;
- Les freins doivent être serrés et les roues, calées; il faut installer un dispositif ou une aiguille de déraillement;
- Le poste de déchargement doit comporter un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité;
- Le wagon-citerne doit être mis à la terre;
- Le port de lunettes protectrices et d'appareils respiratoires est nécessaire.

On peut procéder au déchargement du wagon-citerne à l'aide d'une pompe ou d'un gaz inerte sous pression (Dow TED, 1978). Il ne faut pas chauffer le wagon-citerne. Raccorder la conduite de gaz inerte au robinet approprié situé sur la partie supérieure du wagon-citerne pour ainsi obtenir une pression de 242 à 450 kPa (35 à 65 psi) nécessaire au transvasement de l'oxyde d'éthylène du wagon-citerne au réservoir d'emmagasinage. On utilise souvent de l'azote comprimé en bouteille comme agent de pression.

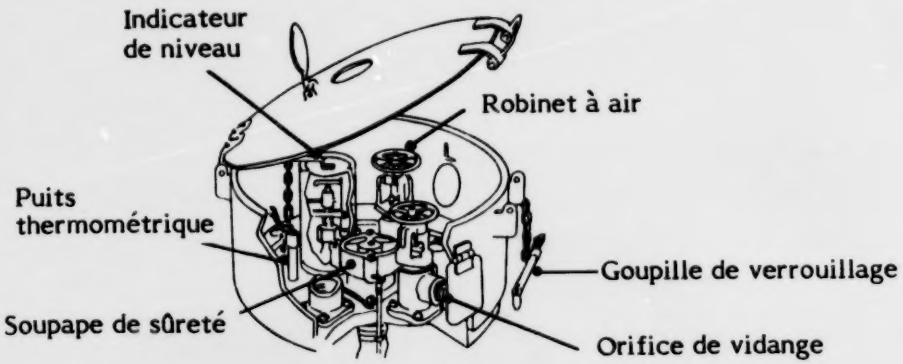
Si on utilise une pompe, il faut maintenir une pression d'au moins 242 kPa (35 psi) pour prévenir tout danger d'explosion des vapeurs présentes dans le wagon-citerne. Des pressions dépassant 242 kPa (35 psi) sont nécessaires lorsque le déchargement s'opère à des températures de plus de 30 °C.

4.2.3 Spécifications et matériaux de fabrication de l'équipement de déchargement. - La présente section décrit les éléments d'un système type de déchargement aux températures et

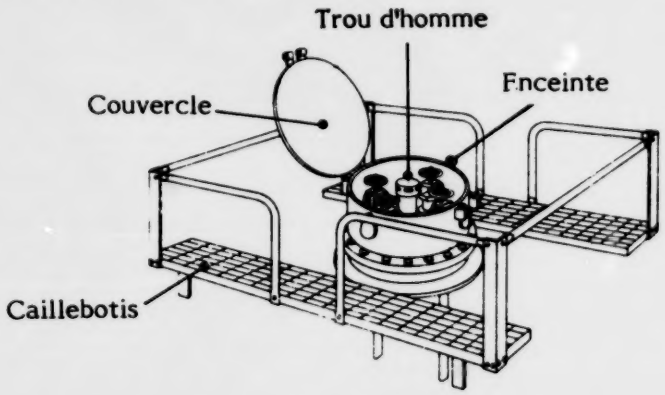
Figure 7

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 105A100W**

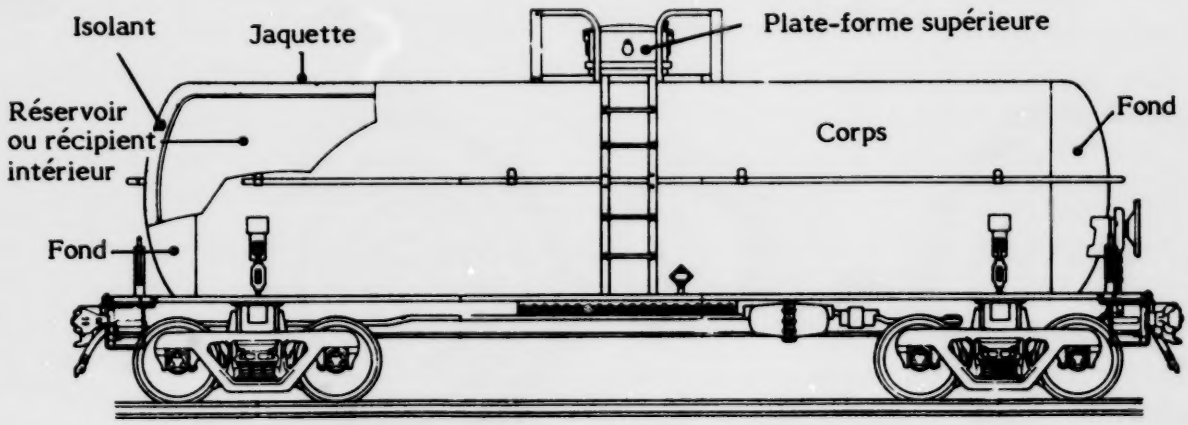
Sources: RTDCR, 1974; TCM, 1979



Détail de l'organe de vidange



Détail de la plate-forme supérieure



Principaux éléments du wagon-citerne

Tableau 4
Caractéristiques du wagon-citerne de spécification 105A100W (TCM, 1979; TCM, 1979)

Description	Capacité nominale du réservoir (gal imp.)		
	9000	21 000	28 000
Structure			
Capacité nominale	41 000 l (9000 gal)	95 000 l (21 000 gal)	127 000 l (28 000 gal)
Tare	30 300 kg (66 800 lb)	40 800 kg (90 000 lb)	50 800 kg (112 000 lb)
Masse brute	80 300 kg (177 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Réservoir (récipient intérieur)			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	14,3 mm (9/16)	14,3 mm (9/16 po)	14,3 mm (9/16 po)
Diamètre intérieur	2,2 m (88 po)	2,4 m (95 po)	3,0 m (120 po)
Pression d'essai	690 kPa (100 psi)	690 kPa (100 psi)	690 kPa (100 psi)
Pression d'éclatement	3450 kPa (500 psi)	3450 kPa (500 psi)	3450 kPa (500 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	13 m (42 pi)	20 m (65 pi)	20 m (67 pi)
Longueur avec pylônes de choc	12 m (40 pi)	19 m (63 pi)	20 m (64 pi)
Distance entre pivots de bogie	9 m (29 pi)	16 m (52 pi)	16 m (53 pi)
Hauteur jusqu'au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2 - 3 m (7 - 10 pi)	2 - 3 m (7 - 10 pi)	2 - 3 m (7 - 10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)
Chargement/déchargement (vidange)			
Raccord de déchargement		51 mm (2 po) via robinet et 76 mm (3 po) via clapet de retenue	
Indicateur de niveau		Type à flotteur ou type magnétique scellé et puits thermométrique	
Dispositif de sécurité		Soupape de sûreté réglée à 1550 kPa (221 psi). Plusieurs wagons sont équipés d'attelage de tablettes et de plaques de protection avant. Certains wagons sont munis de citernes d'acier de 13 mm (1/2 po) d'épaisseur.	
Isolation		51 à 152 mm (2 à 6 po) de fibre de verre	

pressions courantes, soit les conduites, brides et raccords flexibles, pompes, appareils de robinetterie, garnitures, vaporisateurs et réservoirs d'emmagasinage.

Les conduites doivent être d'acier au carbone ou d'acier inoxydable, essayées à une pression hydrostatique minimale de 1550 kPa (225 psi). On ne doit jamais utiliser des conduites, des garnitures ou des dispositifs de cuivre dans la manutention de l'oxyde d'éthylène, car ces matériaux présentent des risques de bris plus grands, dont les conséquences pourraient être désastreuses (MCA, 1971).

Les raccords des conduites doivent être à brides ou soudés, de préférence. S'il est nécessaire d'employer des raccords filetés, il est d'extrême importance que le filetage soit propre et bien affuté pour assurer l'étanchéité des raccords. On recommande d'utiliser comme enduit une faible quantité d'un lubrifiant à base d'hydrocarbures fluorés. On doit appliquer l'enduit aux filets mâles seulement, de sorte qu'il ne puisse pénétrer dans le réseau de conduites. Les conduites d'oxyde d'éthylène liquide situées entre deux robinets d'arrêt devraient être munies d'une soupape de décharge (MCA, 1971). Toutes les conduites devraient être raccordées et mises à la terre (CCPA, 1983).

On devrait installer entre les récipients et les réseaux de conduites rigides des raccords flexibles faits de tubes d'acier inoxydable en forme de boucle (Dow TED, 1978). On peut aussi se servir de flexibles en polytétrafluoroéthylène (téflon), tout particulièrement aux wagons-citernes (MCA, 1971).

On peut se servir de pompes centrifuges ou volumétriques pour le transvasement de l'oxyde d'éthylène liquide. Ces pompes doivent être équipées d'un robinet de dérivation à débit minimal, situé sur la conduite de déchargement de la pompe. Les pompes devraient être équipées d'un interrupteur à haute température. Il faut éviter de faire fonctionner les pompes lorsque les robinets sont fermés. Les moteurs des pompes doivent être pare-flamme (MCA, 1971).

Les robinets, faits d'acier au carbone ou d'acier inoxydable, peuvent être de type à passage direct, à soupape, à tournant conique ou à tournant sphérique (MCA, 1971). Les garnitures de joints devraient être d'acier inoxydable enroulé en spirale avec garniture intérieure de téflon (Dow TED, 1978). L'oxyde d'éthylène cause la corrosion des garnitures de joints en amiante; celles-ci ne devraient donc jamais être utilisées (MCA, 1971).

On se sert d'un vaporisateur pour faire passer l'oxyde d'éthylène de l'état liquide à l'état gazeux. Cet appareil consiste en une tubulure multiple faite d'un tuyau en acier inoxydable entouré d'une enveloppe chauffante dans laquelle on fait circuler de l'eau chaude ou de la vapeur à basse pression (104 kPa) (15 psi). Il y a vaporisation immédiate du liquide pénétrant dans la tubulure multiple. On devrait installer des appareils automatiques d'interruption de la chaleur ou de l'alimentation en cas d'augmentation de température de plus de 20 °C (MCA, 1971).

Les réservoirs d'emmagasinage doivent être fabriqués selon les normes ASME. Les pressions minimales sur lesquelles on se base pour la construction des réservoirs doivent tenir compte de la pression du gaz tampon protégeant la phase gazeuse contre l'explosion. On emploie normalement une pression de calcul de 518 kPa (75 psi) pour une pression de 438 kPa (65 psi) du gaz tampon. Des soupapes de sûreté sont requises (MCA, 1971). Il faut augmenter la pression dans le réservoir d'emmagasinage lorsque la température augmente, pour s'assurer que la limite d'explosivité de la vapeur n'est pas dépassée.

4.3 Compatibilité entre le produit et certains matériaux

La compatibilité de l'oxyde d'éthylène et des matériaux qui entrent dans la fabrication de l'équipement de service est indiquée au tableau 5. La signification des abréviations qui ne sont pas entre parenthèses est indiquée au tableau 6. Voici une brève définition de chacun des termes utilisés pour évaluer les matériaux.

Recommandé: Le matériau donnera un rendement satisfaisant pour l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'utilisation indiquée; il peut convenir pour une utilisation intermittente ou de courte durée.

Déconseillé: L'utilisation indiquée causera une grave détérioration du matériau; l'emploi du matériau est donc déconseillé.

Tableau 5
Compatibilité entre l'oxyde d'éthylène et certains matériaux de fabrication

Utilisation	Teneur(s)	Température(s)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	Majorité	Majorité	Acier au carbone Acier inox (Kirk-Othmer, 1980)		Polychlorure de vinylidène (DCRG, 1978) Polyéthylène Chlorure de polyvinyle (PVC I) (MWPP, 1978) Aluminium (Kirk-Othmer, 1980)
		23 °C			PVC I PVC II (DPPED, 1967)
	5 % en solution aqueuse	66 °C	Polyéther chloré (DCRG, 1978)		
		93 °C	Polyfluorure de vinylidène (DCRG, 1978)		Mercure, cuivre, argent, magnésium, acier inox 416, acier inox 442 (MCA, 1971)
2. Robinetterie	Majorité	Majorité	Alliage 20 Acier inox de série 300 Alliages de nickel (MCA, 1971)		
3. Pompes	Majorité	Majorité	Alliage 20 Acier inox de série 300 Alliages de nickel (MCA, 1971)		
4. Emmagasinage	Majorité	Majorité	Alliage 20 Alliages de nickel Acier au carbone Acier inox de série 300 Aluminium pur (MCA, 1971)		Aluminium (Kirk-Othmer, 1980)

5. Autres	Liquide à l'état pur Qualité technique	-20 °C	Polyoxyméthylène Caoutchouc naturel (GF)	CSM (GF)	uPVC, PE PP, NBR IIR, EPDM CR, FPM (GF)
		22 °C 66 °C	PVDF (TPS, 1978) NR, SBR, CR, IIR, EPDM (GPP)		PVC (TPS, 1978) NBR (GPP)
	100 %	24 à 149 °C	Verre (CDS, 1967)		Caoutchouc naturel Amiante (MCA, 1971)
		24 à 71 °C	Ciment (CDS, 1967) PTFE, Verre Polychlorotrifluoro-éthylène (MCA, 1971)		

Tableau 6
Abréviations normalisées des noms de matériaux de fabrication

Abréviation*	Matériau de fabrication
ABS	Plastique à base d'acrylonitrile-butadiène-styrène
CPVC	Polychlorure de vinyle chloré
CR	Néoprène (polychloroprène)
CSM	Polyéthylène chlorosulfonaté (Hypalon)
EPDM	Terpolymère d'éthylène-propylène-diène
FPM	Caoutchouc fluoré (Viton)
IIR	Butylcaoutchouc (butyle)
NBR	Butadiène-acrylonitrile (Nitrile, Buna N)
NR	Caoutchouc (caoutchouc naturel)
PE	Polyéthylène
POM	Polyoxyméthylène
PP	Polypropylène
PVC	Polychlorure de vinyle
PVDC	Polychlorure de vinylidène (Saran)
PVDF	Polyfluorure de vinylidène
SBR	Butadiène-styrène (GR-5, Buna S)
uPVC	Polychlorure de vinyle non plastifié

* Abréviations normalisées par l'ISO.

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

L'oxyde d'éthylène est transporté surtout dans des wagons-citernes, à l'état de liquide sous pression. Quand survient un déversement, il se forme une mare qui s'étale sur l'eau ou sur le sol. Une évaporation rapide a lieu, donnant des vapeurs irritantes et inflammables.

Lorsqu'il y a déversement dans l'eau, une partie de l'oxyde d'éthylène se mélange avec l'eau et le reste s'évapore. Le nuage de vapeurs a tendance à se maintenir au ras des surfaces et à s'étendre plutôt qu'à s'élever et se disperser dans l'atmosphère.

Dans le cas d'un déversement sur le sol, une partie du liquide s'évapore et le reste pénètre dans le sol à une vitesse qui varie selon la nature du sol et de sa teneur en eau. La migration du liquide vers la nappe phréatique constitue une menace pour l'environnement.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration de l'oxyde d'éthylène dans l'air, l'eau ou le sol.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. - L'oxyde d'éthylène est transporté ordinairement à l'état de liquide sous pression à la température ambiante. Il existe une grande variété de modèles de wagons-citernes, de sorte que nous avons dû en choisir un, dans la collection "Enviroguide", pour établir les nomogrammes des fuites. Le modèle choisi a un diamètre d'environ 2,75 m, une longueur de 13,4 m et peut contenir environ 80 000 litres.

Si la paroi d'une citerne remplie d'oxyde d'éthylène est perforée au-dessous du niveau du liquide, tout le contenu s'en échappe. Le débit instantané q de fuite est fonction de la hauteur h du liquide au-dessus de l'orifice, de la pression interne de la citerne, de la surface de la section s et de la forme de l'orifice, ainsi que du coefficient de débit Cq. Pour l'établissement des nomogrammes, nous avons supposé un coefficient de débit de 0,8.

Si la citerne est perforée dans le haut ou en tout point au-dessus du niveau du liquide, il y a fuite de gaz jusqu'à ce que le liquide soit complètement évaporé et que les pressions interne et externe de la citerne se soient équilibrées. Pour établir les nomogrammes, nous avons supposé que la température du liquide reste constante et qu'elle égale la température

ambiante. Par conséquent, le débit de fuite est supposé constant jusqu'à ce que tout le liquide soit évaporé. Ce débit est fonction de la pression interne, laquelle égale la tension de vapeur saturante du liquide à une température donnée. La température ambiante maximale de la citerne est posée à 40 °C, ce qui donne une tension de vapeur saturante de 285 kPa.

L'hypothèse de l'isothermie maximise le débit de fuite du gaz et, dans la plupart des cas, aboutit à une estimation prudente. Le plus souvent, il y a fuite instantanée d'environ 20 p. 100 du gaz au moment de l'accident. La vitesse d'évaporation diminue ensuite à cause du refroidissement dû à l'évaporation. Le débit de fuite ultérieur peut être de 3 à 4 ordres de grandeur plus faible, selon la température ambiante, la perte d'isolant et la situation dans laquelle se trouve le wagon-citerne (couché sur le sol, partiellement immergé dans l'eau, etc.).

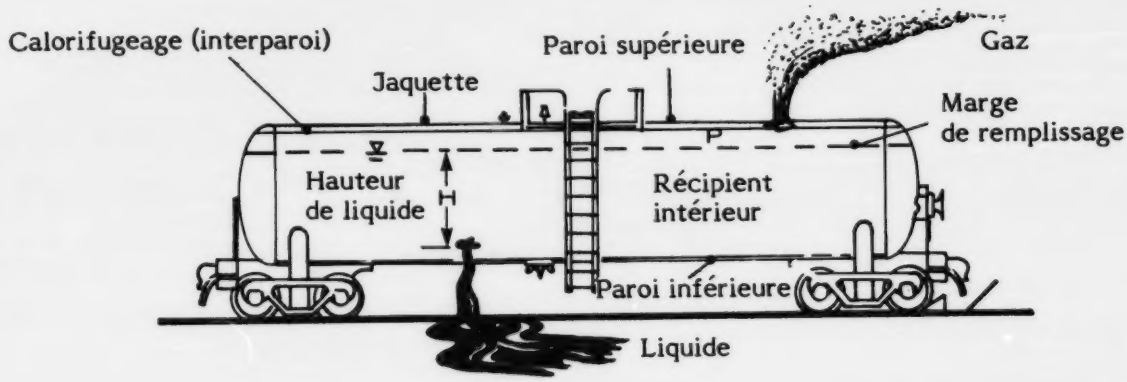


Figure 8 ORIFICE AU-DESSUS OU AU-DESSOUS DU NIVEAU DU LIQUIDE

L'objet des nomogrammes est d'aider à suivre l'évolution des fuites au-dessous du niveau du liquide (déversement liquide) ou au-dessus du niveau du liquide (dégagement gazeux). Les détails des modèles qui ont servi à calculer les débits de fuite sont décrits dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*.

5.2.2 Nomogrammes des fuites

5.2.2.1 Perforation dans le bas: fuite de liquide

Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé. - La figure 9 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans le wagon-citerne type à tout moment après la perforation, selon le diamètre de l'orifice. Ce diamètre est en fait un diamètre équivalent et vaut pour des orifices de toutes formes.

On suppose que la citerne est pleine au moment de la perforation et qu'elle contient environ 80 000 l d'oxyde d'éthylène à 40 °C. La quantité de liquide restant à un moment donné n'est pas seulement une fonction du débit selon le temps, mais aussi de la taille et de la forme de la citerne.

Débit de fuite en fonction du diamètre de l'orifice. - La figure 10 permet d'évaluer le débit maximal (l/s) selon le diamètre équivalent de l'orifice. Comme la pression prévaut sur la force de pesanteur, le débit reste relativement constant à mesure que la citerne se vide.

5.2.2.2 Perforation dans le haut: fuite des gaz

Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé. - La figure 11 permet d'évaluer le pourcentage d'oxyde d'éthylène restant dans le wagon-citerne type à tout moment après la perforation, selon le diamètre de l'orifice. Ce diamètre est en fait un diamètre équivalent, qui vaut pour un orifice non circulaire. Comme nous avons supposé que les conditions étaient isothermes, la pression interne et le débit de fuite sont constants. Il faut noter que l'isothermie postulée donne un très fort débit de fuite. Dans une situation normale, le débit pourrait être beaucoup plus faible.

Débit de fuite en fonction du diamètre de l'orifice. - La figure 12 montre la relation entre le débit (massique) de fuite (kg/s) et le diamètre équivalent de l'orifice au-dessus du niveau du liquide. Pour un orifice de diamètre donné, le débit sera constant jusqu'à ce que tout le liquide soit vaporisé, conformément à l'hypothèse de l'isothermie dans la citerne; l'évaluation du débit est donc prudente.

Les valeurs données à la figure 12 sont indépendantes de la taille de la citerne, mais se fondent sur l'hypothèse selon laquelle la température du liquide est de 40 °C, ce qui se traduit par une tension de la vapeur saturante de 285 kPa.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Le bas d'un wagon-citerne type rempli d'oxyde d'éthylène à 40 °C est perforé. L'orifice, situé au-dessous du niveau du liquide, a un diamètre équivalant à 150 mm. Quel pourcentage des 80 000 l reste-t-il, 2 minutes après la perforation, et quel est le débit instantané de fuite?

Étape 1 Calculer le volume restant à t = 2 mn.
Se reporter à la figure 9.
Si t = 2 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 53 p. 100 (soit 42 500 l) du volume initial.

Étape 2 Calculer le débit instantané de fuite.
Se reporter à la figure 10.
Si D = 150 mm, le débit instantané de fuite q = 300 l/s.

PROBLÈME B

Le wagon type (mêmes données que le problème A) est perforé au-dessus du niveau du liquide. Le diamètre équivalent de l'orifice est évalué à 250 mm. Combien de temps faut-il pour que la citerne se vide et quel est le débit de fuite, les conditions étant supposées isothermes?

Figure 9

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

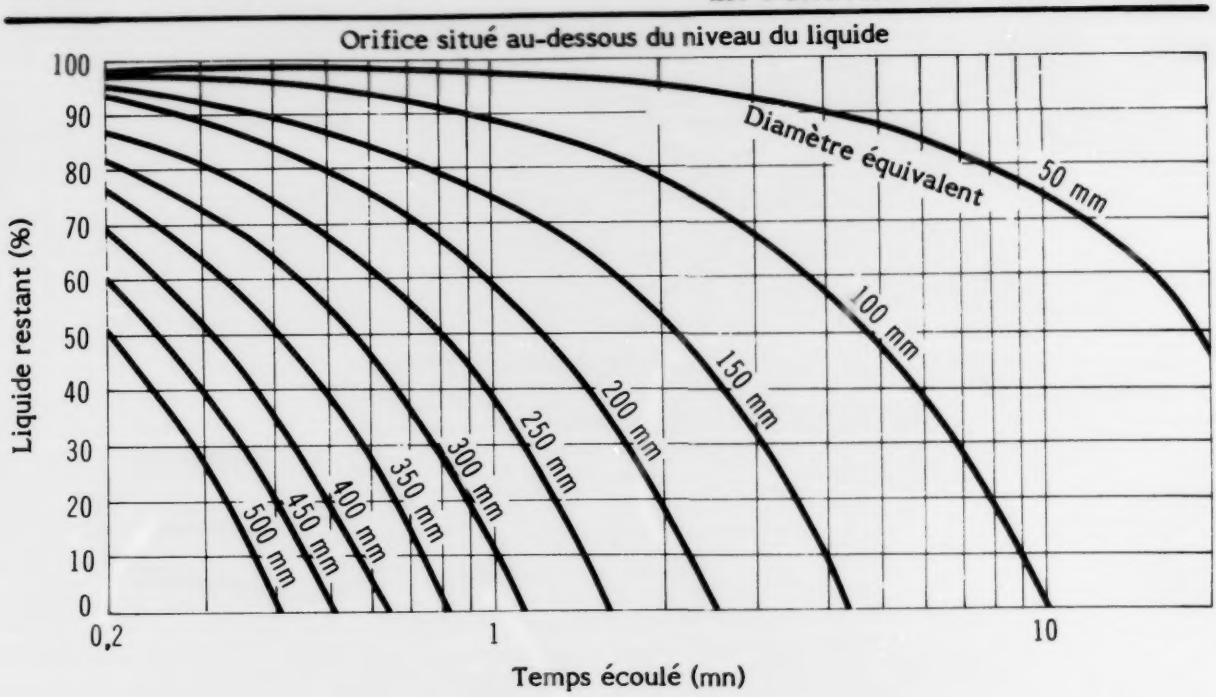


Figure 10

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DÉBIT DE FUITE EN FONCTION DU DIAMÈTRE DE L'ORIFICE

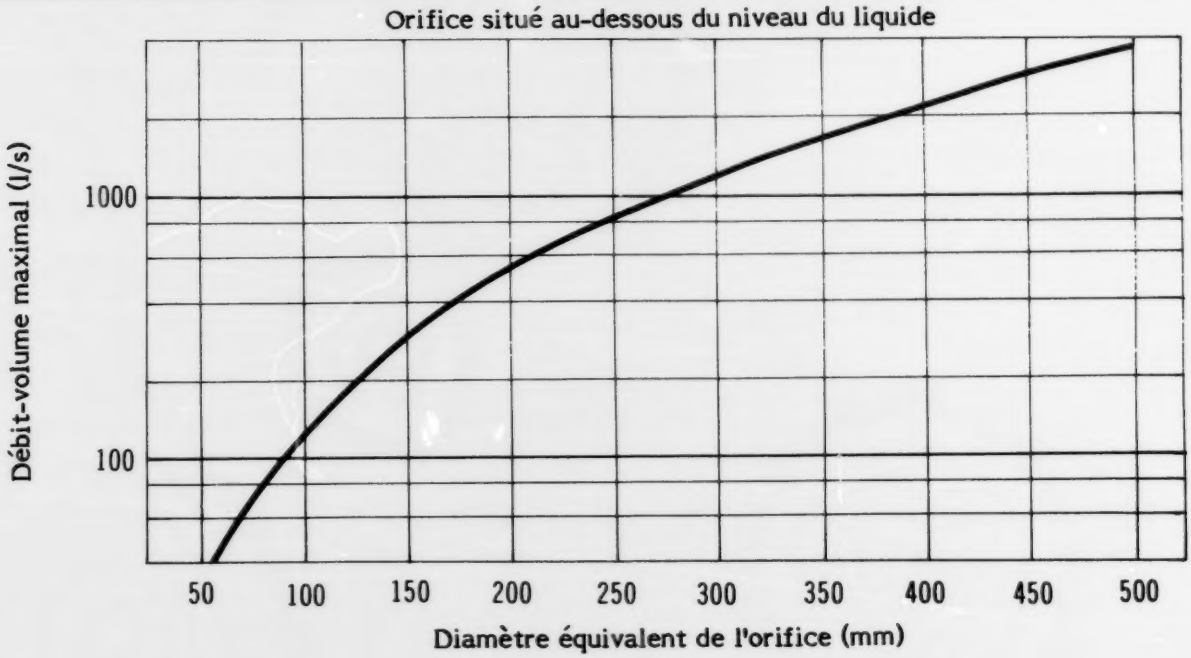


Figure 11

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

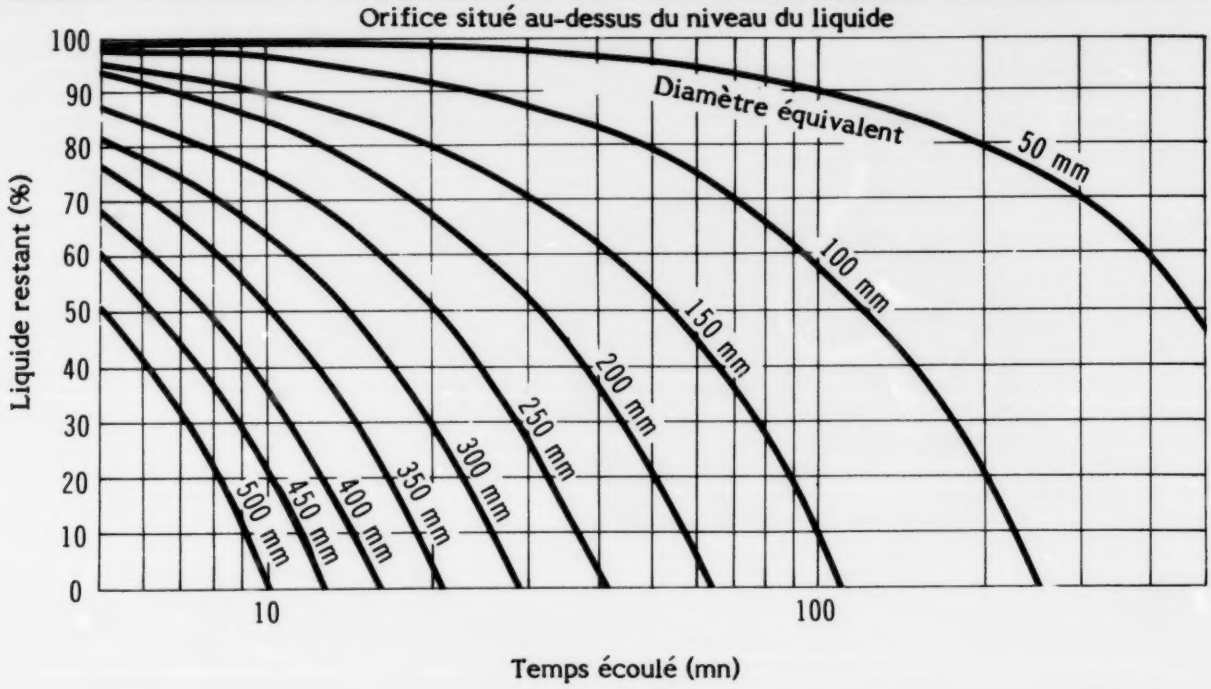
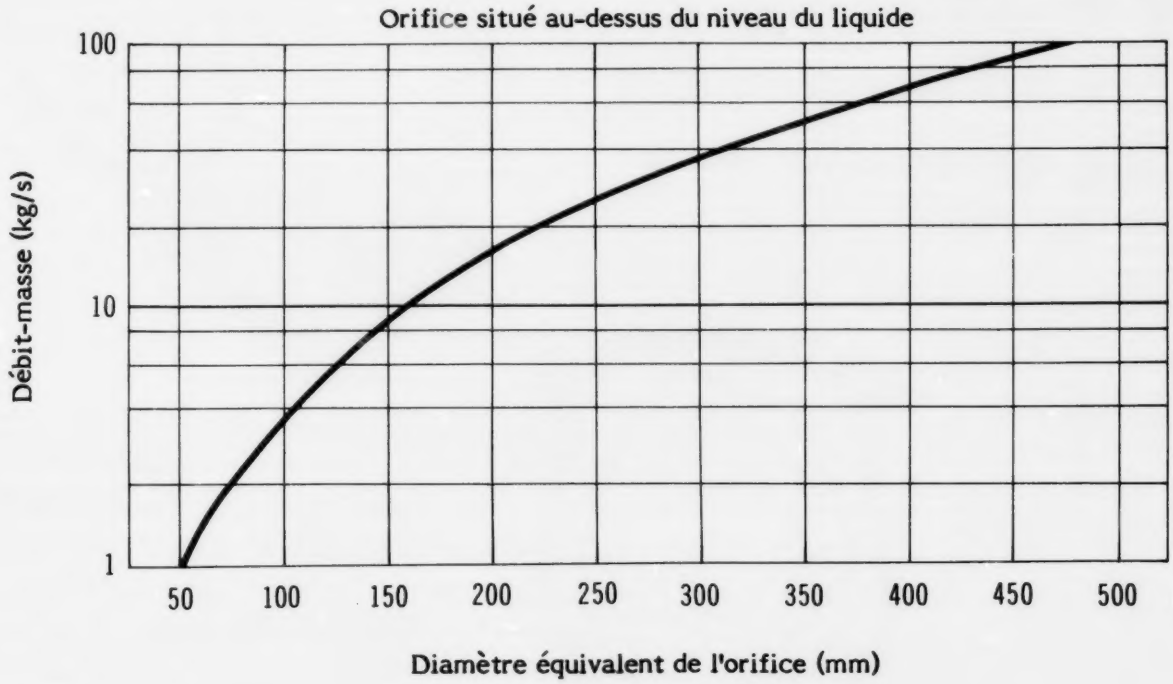


Figure 12

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DÉBIT DE FUITE EN FONCTION DU DIAMÈTRE DE L'ORIFICE



Étape 1 Combien de temps la citerne mettra-t-elle à se vider?

Se reporter à la figure 11.

Si D = 250 mm, la citerne se vide en 40 mn environ.

Étape 2 Calculer le débit de fuite.

Se reporter à la figure 12.

Si D = 250 mm et si les conditions sont isothermes, le débit est constant à 25 kg/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 Introduction. - L'oxyde d'éthylène sous pression est un liquide volatil. S'il se déverse sur le sol ou dans l'eau, la vaporisation est si rapide qu'on la considère "instantanée". Pour désigner cette émission subite, on parle de ***bouffée***, (par opposition au ***panache*** auquel correspond une émission continue). C'est le seul type d'émission dans l'atmosphère dont il sera question dans les paragraphes qui suivent.

Pour évaluer les teneurs en vapeurs du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité ou de l'inflammabilité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) dans l'atmosphère des vapeurs. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein de la bouffée; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le *Manuel d'introduction Enviroguide.*)

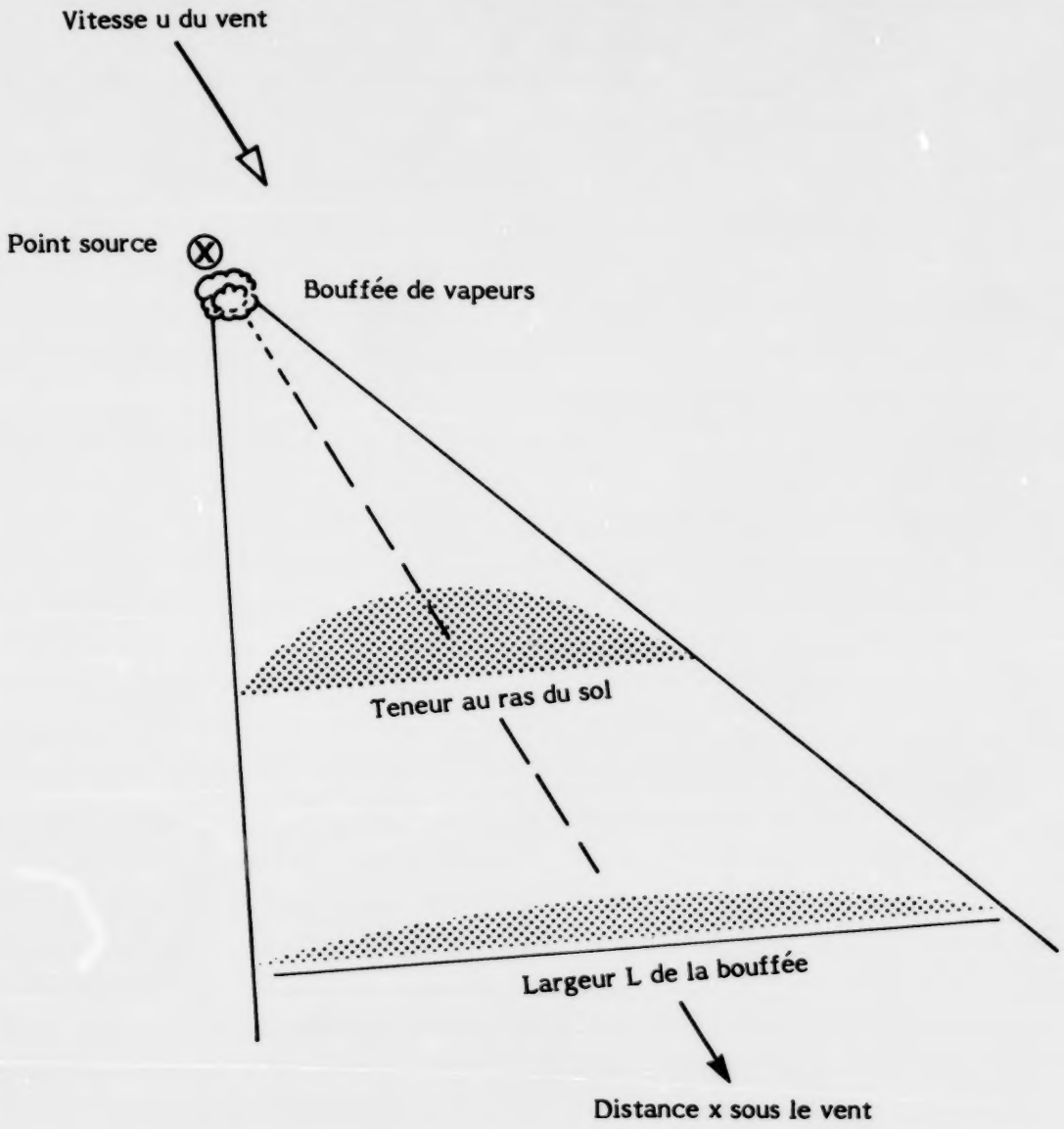
La figure 13 schématise la diffusion d'une bouffée émise par un point source. Le modèle de diffusion réduit la nappe de liquide déversé à un point source ponctuel, ou instantané, dont l'émission (ponctuelle) est égale à la quantité totale de liquide déversé.

On ne possède aucune donnée utile sur le comportement d'un nuage de vapeurs d'oxyde d'éthylène, mais on prévoit qu'au début, immédiatement après le déversement, le nuage se comportera comme un gaz plus dense que l'air. La cause principale est la densité de l'oxyde d'éthylène (2,2 fois celle de l'air à 20 °C); s'y ajoute le fait que le nuage s'échappant de la masse de liquide froid est lui-même froid. Aussi est-il possible que dans les minutes qui suivent le déversement on observe des vapeurs au ras du sol, concentrées en particulier dans les dépressions. La modélisation classique basée sur les formules de Gauss tend à présenter les bouffées de gaz plus denses que l'air plus étroites qu'elles ne le sont en réalité.

Le point d'ébullition de l'oxyde d'éthylène liquide étant peu élevé pour un gaz liquéfié (11 °C à 1 atm), les calculs pour un déversement sur un sol froid (environ 0 °C ou moins), donneraient pour la quantité de vapeurs dégagées des résultats trop élevés, puisque le débit d'émission de vapeurs serait beaucoup moindre que celui d'une bouffée produite dans des conditions normales, ce qui représenterait un cas de pire scénario. C'est pour cette raison

Figure 13

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **FORMATION D'UNE BOUFFÉE DE VAPEURS**



qu'on suppose que seulement 25 p. 100 de l'oxyde d'éthylène s'échappent en une bouffée instantanée. Il faut admettre que bien que le volume d'oxyde d'éthylène restant s'élève à 75 p. 100 et constitue un danger potentiel, le débit d'émission devient faible par comparaison avec celui de la bouffée instantanée. Aussi les dimensions de la zone de danger calculées pour la bouffée constituent-elles une surévaluation.

5.3.2 Nomogrammes de la diffusion de la bouffée de vapeurs. - Les nomogrammes de la diffusion atmosphérique servent à déterminer la zone dangereuse sur le plan de la toxicité et de l'inflammabilité. Les figures et tableaux présentés ci-après apparaissent dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés, comme le lecteur pourra s'en rendre compte dans les pages qui suivent.

Tableau 7 Catégories météorologiques (de stabilité)

Figure 15 Teneur uniformisée en vapeurs, en fonction d'une distance donnée sous le vent, pour différentes catégories météorologiques

Tableau 8 Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse

Figure 18 Distance parcourue par la bouffée, en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 14 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé figurent à la section 5.2.) Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de la diffusion et à son utilisation.

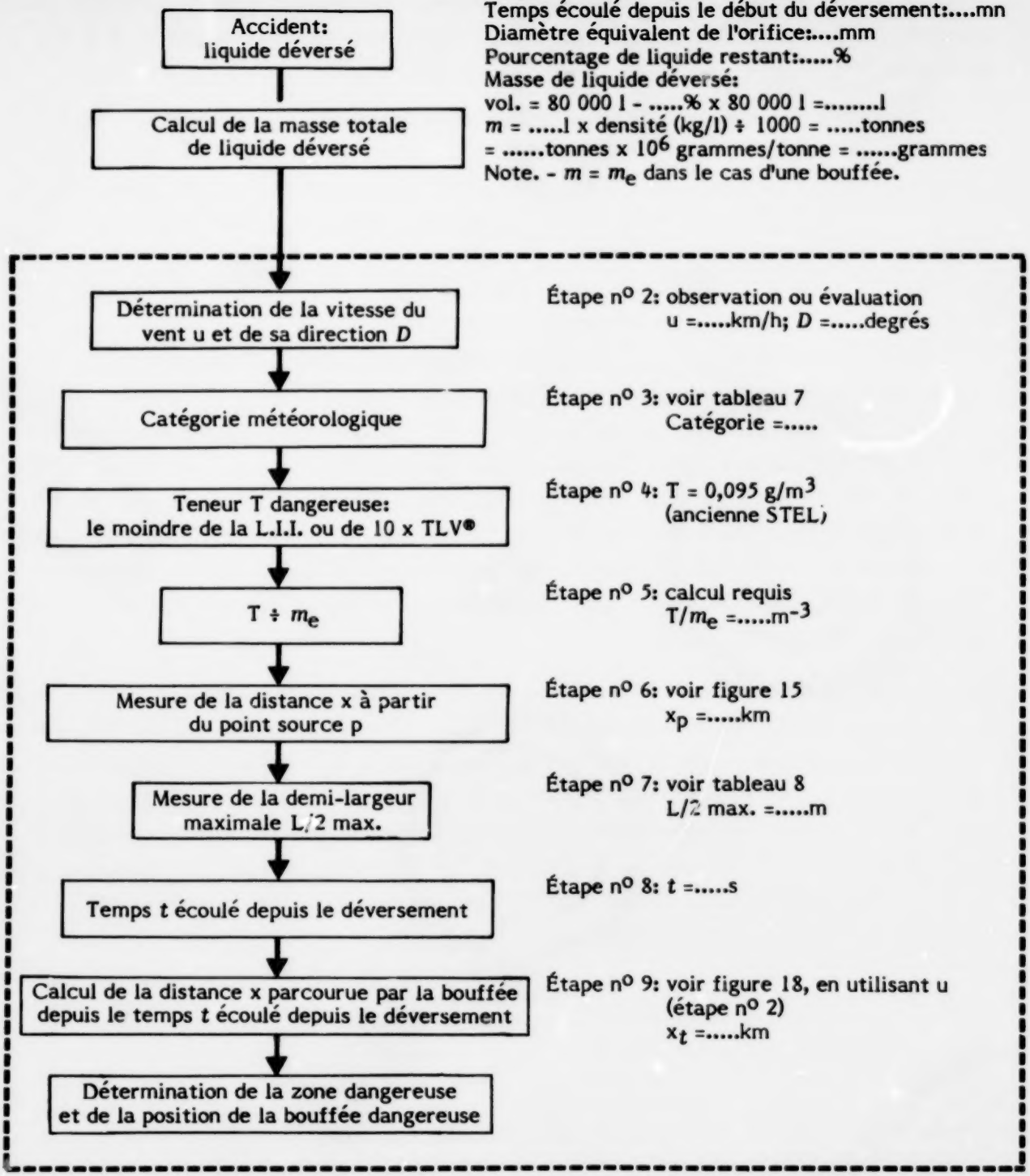
5.3.2.1 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. - La figure 15 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories D et F de conditions (météorologiques) de stabilité. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée au ras du sol le long de la médiane de la bouffée schématisée. La catégorie F est la moins propice à la diffusion de la bouffée; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 7) avant d'utiliser la figure 15.

Tableau 7
Catégories météorologiques (de stabilité)

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent < 11 km/h (≈ 3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température.	S'applique à toutes les autres conditions.

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE



Étape n° 1: voir figure 9, section 5.2
Temps écoulé depuis le début du déversement:....mn
Diamètre équivalent de l'orifice:....mm
Pourcentage de liquide restant:.....%
Masse de liquide déversé:
vol. = 80 000 l - .....% x 80 000 l =.....l
m = ...l x densité (kg/l) ÷ 1000 = ...tonnes
= .....tonnes x 10^6 grammes/tonne = ...grammes
Note. - $m = m_e$ dans le cas d'une bouffée.

Étape n° 2: observation ou évaluation
u =.....km/h; D =.....degrés

Étape n° 3: voir tableau 7
Catégorie =.....

Étape n° 4: T = 0,095 g/m^3
(ancienne STEL)

Étape n° 5: calcul requis
T/m_e =.....m^{-3}

Étape n° 6: voir figure 15
x_p =.....km

Étape n° 7: voir tableau 8
L/2 max. =.....m

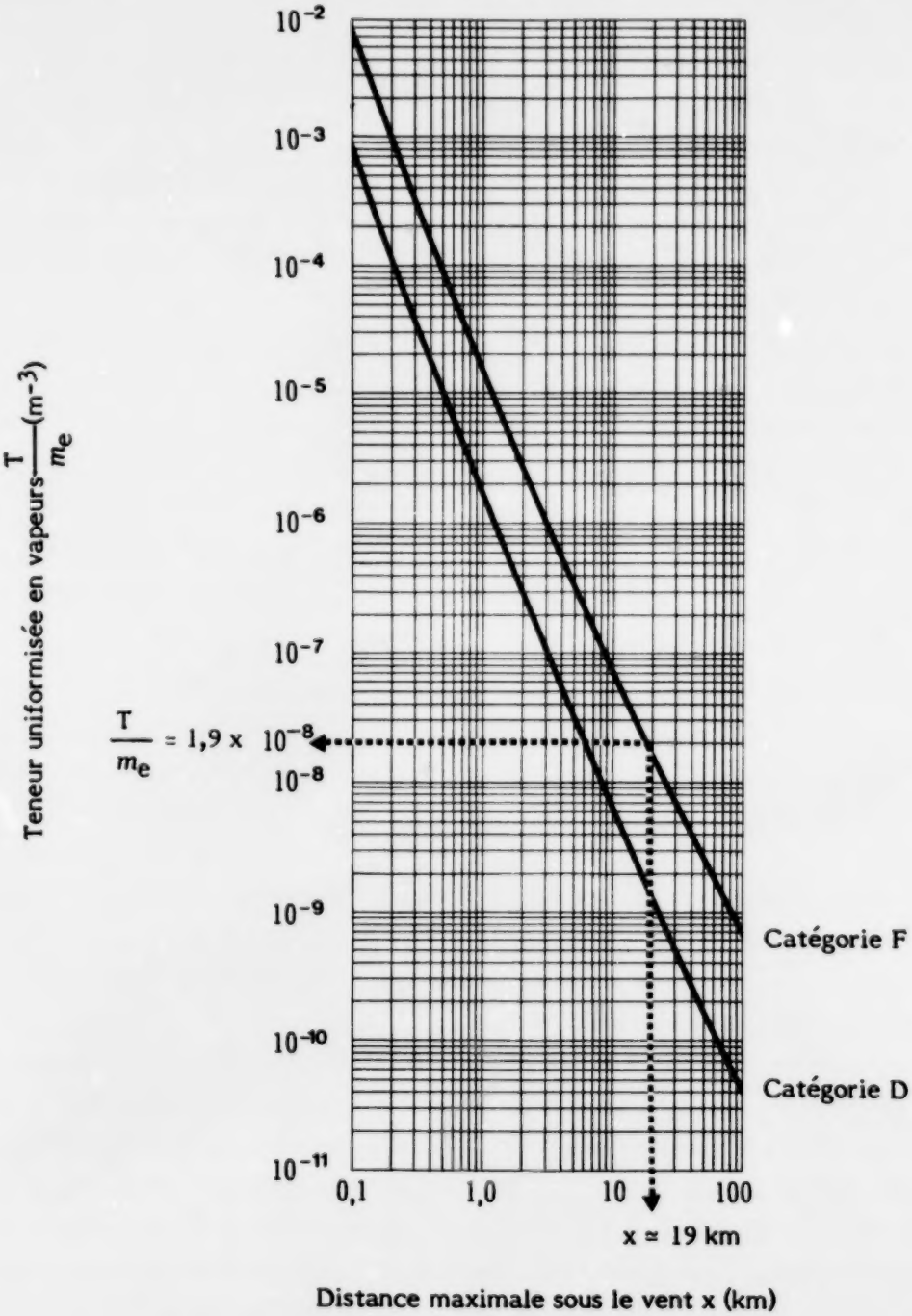
Étape n° 8: t =.....s

Étape n° 9: voir figure 18, en utilisant u (étape n° 2)
x_t =.....km

Figure 15

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT



UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent x peut être déterminée à l'aide de la figure 15, si l'on possède les données suivantes:

Masse de vapeurs émises m_e (= masse de liquide déversé);

Vitesse du vent u, en m/s;

Catégorie météorologique (de stabilité);

Teneur T dangereuse limite, soit la valeur la moindre entre 10 fois la *Threshold Limit Value*® (g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (g/m^3), sauf s'il s'agit de vapeurs ininflammables, auquel cas il faut opter pour 10 x TLV®. (Pour convertir en g/m^3 la TLV®, utiliser la figure 18.) Pour les besoins de la collection "Enviroguide", une teneur dangereuse limite égale à 10 x TLV® a été choisie de façon arbitraire; elle représente une limite "relativement réaliste" au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé. La TLV® est une norme de qualité du milieu de travail pour une exposition de longue durée. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse de l'atmosphère, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées. Le présent volume fait exception: la teneur dangereuse limite ne représente pas 10 fois la TLV® (1 ppm) parce qu'alors la zone à évacuer serait très étendue. Les auteurs ont plutôt opté pour une valeur qui correspond à 10 fois l'ancienne TLV-STEL, soit 5 ppm, qui était également l'ancienne teneur plafond du NIOSH, de sorte que la teneur dangereuse limite en oxyde d'éthylène s'établit à 50 ppm.

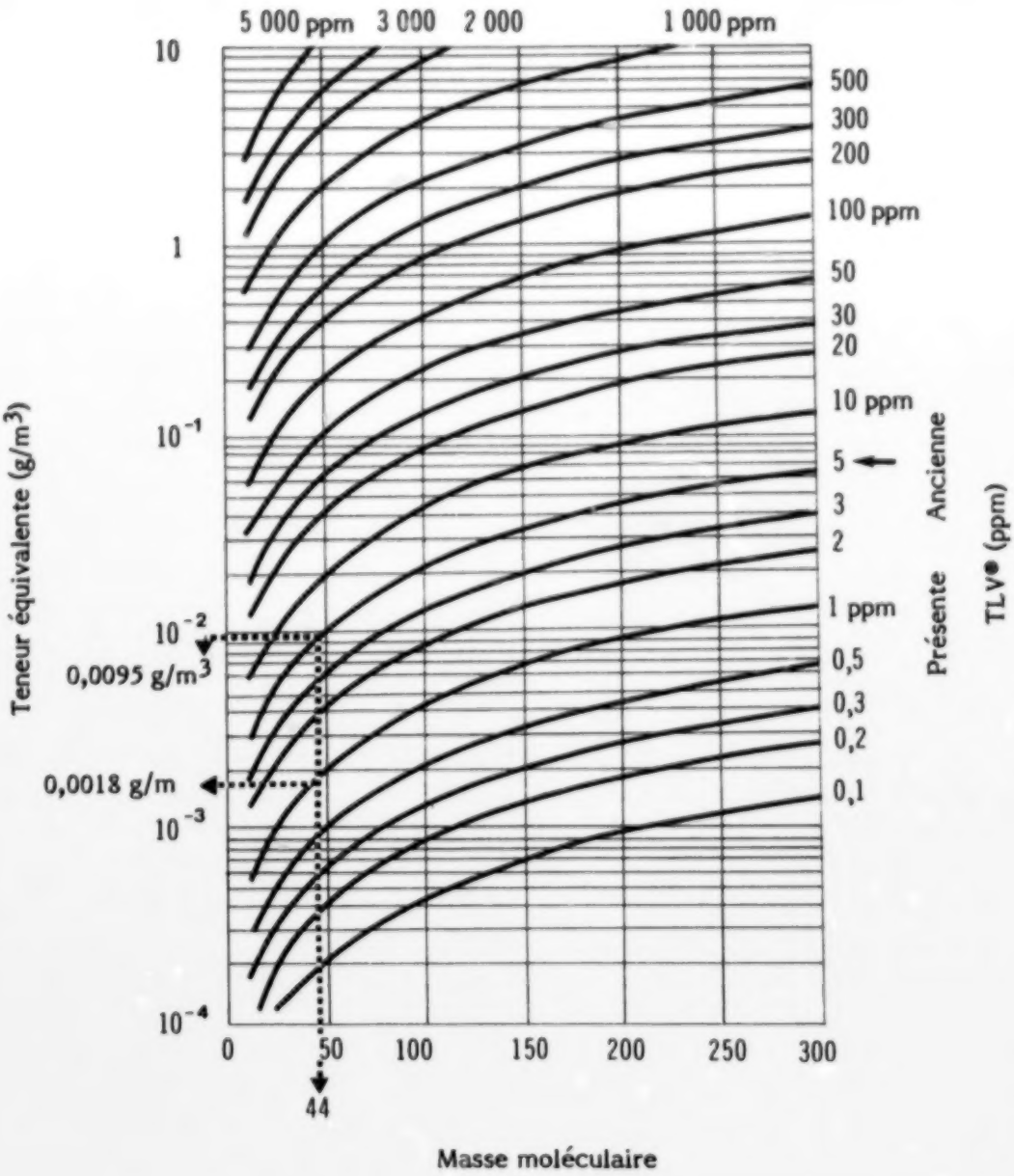
5.3.2.2 Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse. - Le tableau 8 présente des valeurs de la demi-largeur maximale L/2 max. de la bouffée pour une plage de valeurs m_e, en fonction des catégories de stabilité D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion expliqués dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*, en supposant une teneur dangereuse limite (teneur maximale admissible) en oxyde d'éthylène de 50 ppm, soit (0,095 g/m^3). La demi-largeur de la bouffée dangereuse représente la demi-largeur du nuage de vapeurs, situé du côté sous le vent et atteignant la teneur dangereuse limite. Le tableau 8 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite de 0,095 g/m^3. À noter que la distance maximale considérée est de 100 kilomètres.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité D, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 30 m/s. Par ailleurs, l'éventail de masses de vapeurs émises, dans le tableau 8, va de 0,01 à 3050 tonnes. Si tout le contenu, soit 80 000 l (17 600 gal imp.) d'un wagon-citerne était déversé, cela représenterait une masse de 69 500 kg (70 tonnes). Le tableau 8, pour la catégorie D, fournit des chiffres calculés en fonction de masses 43 fois plus considérables.

Dans les conditions (météorologiques) de stabilité F, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 3 m/s. Le tableau 8 comporte un éventail de masses de vapeurs émises qui va de 0,01 à

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

CONVERSION DES UNITÉS DE LA TLV® (ppm en g/m³)

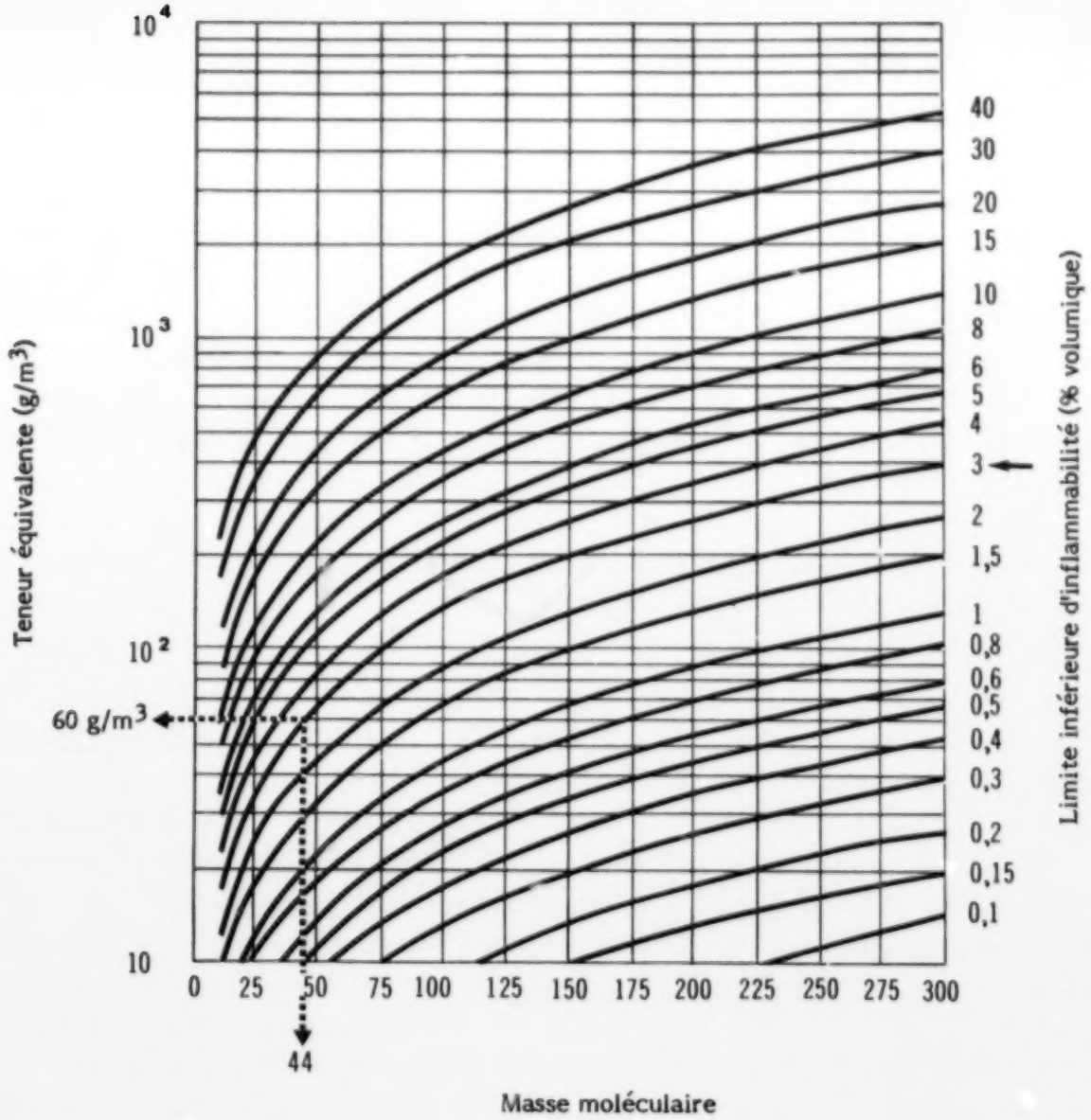


Exemple. - Masse moléculaire de l'oxyde d'éthylène = 44; TLV® (ancienne) = 5 ppm; alors TLV® en g/m³ = 0,0095.

Note. - Ces données valent pour une température de 25 °C et une pression de Hg de 760 mm.

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

CONVERSION EN g/m³ DU POURCENTAGE VOLUMIQUE DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ



Exemple. - Masse moléculaire de l'oxyde d'éthylène = 44, L.I.I. = 3 %, alors L.I.I. en g/m³ = 60.
Note. - Ces données valent pour une température de 25 °C et une pression de Hg de 760 mm.

140 tonnes pour des conditions de catégorie F. Ainsi, pour la catégorie F, le tableau 8 fournit des chiffres calculés en fonction de masses représentant jusqu'à 2 fois la charge utile d'un wagon-citerne type.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La masse de vapeurs émises étant connue, de même que la catégorie de stabilité, choisir la valeur la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante. Si aucune valeur n'est suffisamment proche, déterminer par interpolation m_e et L/2 max. (Voir aussi l'exemple qui accompagne le tableau 8.)

Tableau 8
Demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse de vapeurs d'oxyde d'éthylène

Catégorie météorologique D			Catégorie météorologique F		
m_e (tonnes)	L/2 max. (m)		m_e (tonnes)	L/2 max. (m)	
3050	4025	(99,4 km)*	140	1850	(98,6 km)*
3000	4000		100	1600	
2500	3730		75	1415	
2000	3425		50	1190	
1500	3070		25	885	
1250	2860		20	805	
1000	2630		15	710	
750	2355		10	600	
500	2015	m_e = 5 tonnes →	5	445	→ L/2 max. = 445 m
250	1550		2,5	340	
200	1420		1,0	240	
150	1270		0,5	180	
100	1090		0,1	100	
75	975		0,05	75	
50	835		0,01	40	
25	650				
20	600				
15	540				
10	465				
5	360				
2,5	280				
1	200				
0,5	155				
0,1	85				
0,05	65				
0,01	35				

* Les valeurs de demi-largeur valent jusqu'à une distance de 100 km.

Note. - Les données ci-dessus valent pour une teneur de 50 ppm (0,095 g/m^3).
Exemple. - Pour une masse de 5 tonnes de vapeurs émises, la demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse, pour la catégorie F, est de 445 m.

5.3.2.3 Distance parcourue par la bouffée en fonction du temps écoulé. - La figure 18 indique la distance x parcourue par la bouffée après un temps t de déplacement pour une vitesse u de vent donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La vitesse u du vent et le temps t de déplacement de la bouffée étant connus, la distance x_t parcourue du côté sous le vent peut être obtenue.

5.3.3 Exemple de calcul. - L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse du côté sous le vent du lieu où se produit un déversement. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le *Manuel d'introduction Enviroguide*. Les estimations ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur se serve de données connues ou observables.

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes d'oxyde d'éthylène liquide ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km. Déterminer la zone de vapeurs dangereuses.

Étape 1 La masse m de liquide déversé est de 20 tonnes.

m_e = 20 tonnes x 0,25 (voir 5.3.1) = 5 tonnes.

Étape 2 Déterminer la vitesse u du vent et sa direction.

Utiliser l'information météorologique accessible (de préférence les observations faites sur place).

Si u = 7,5 km/h, u = 7,5 ÷ 3,6 = 2,1 m/s.

Direction = 315° ou N.-O. (d'où souffle le vent).

Étape 3 Déterminer la catégorie de stabilité (tableau 7).

Si u < 11 km/h et s'il fait nuit, catégorie = F.

Étape 4 Déterminer la teneur T dangereuse limite.

Opter pour la valeur la moindre entre 50 ppm et la limite inférieure d'inflammabilité (60 g/m^3); dans le cas présent:

T = 50 ppm = 0,095 g/m^3.

Étape 5 Calculer T/m_e.

$$T/m_e = \frac{0,0095}{5 \times 10^6} = 1,9 \times 10^{-8}\ m^{-3}.$$

Étape 6 Calculer la distance maximale dangereuse du côté sous le vent x à partir du point source p de la bouffée.

Voir figure 15. Pour la catégorie F de conditions météorologiques,

si $T/m_e = 1,9 \times 10^{-8}\ m^{-3}$, x ≃ 19 km.

Figure 18

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DISTANCE PARCOURUE PAR LA BOUFFÉE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

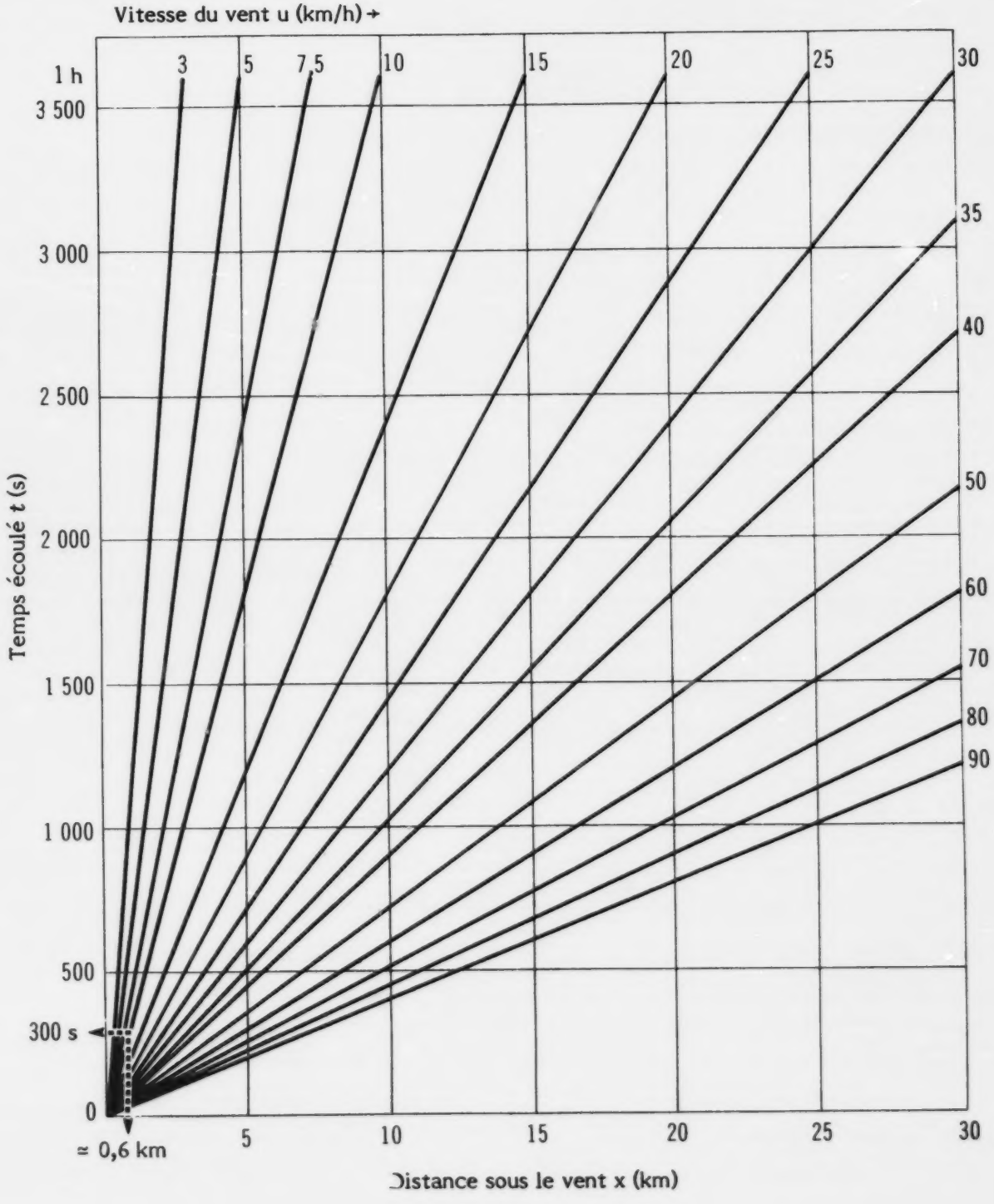


Figure 19

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT INVARIABLE EXEMPLE DE PROBLÈME**

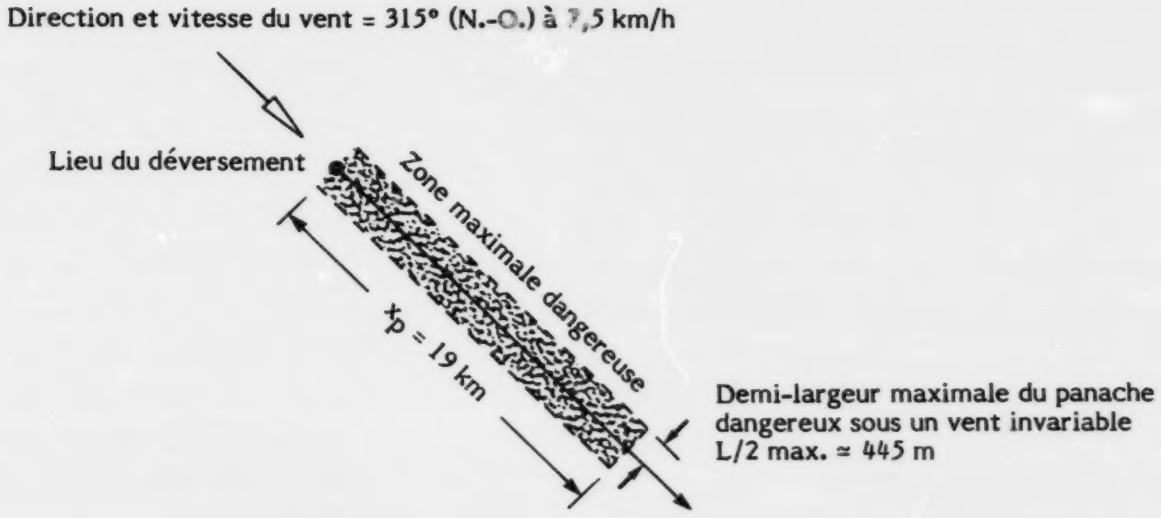
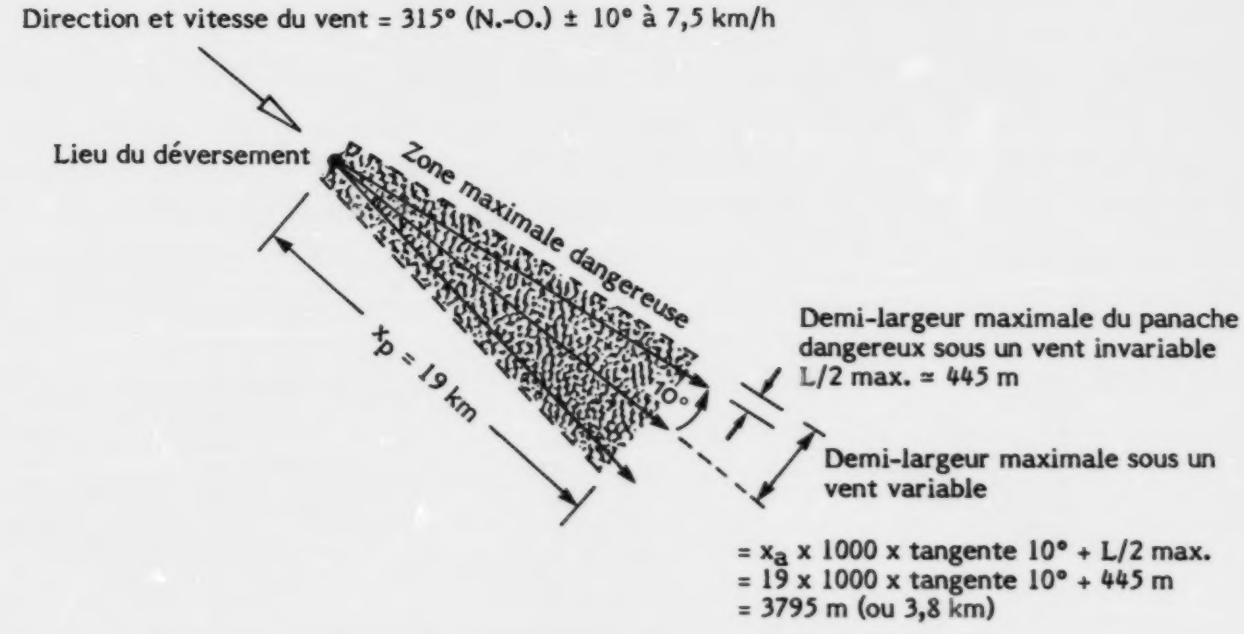


Figure 20

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **ZONE DANGEREUSE MAXIMALE SOUS UN VENT VARIABLE EXEMPLE DE PROBLÈME**



Étape 7 Calculer la demi-largeur maximale L/2 max. de la bouffée dangereuse.

Se servir du tableau 8. La masse de vapeurs émises étant de 5 tonnes, pour la catégorie de stabilité F, L/2 max. = 445 m.

Étape 8 Déterminer le temps t écoulé depuis le début du déversement.

t = 5 mn x 60 = 300 s.

Étape 9 Calculer la distance sous le vent x parcourue par la bouffée depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 18. Si t = 300 s et u = 7,5 km/h, x_t = 0,6 km (plus précisément: x_t = ut = 2,1 m/s x 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 10 Schématiser la zone dangereuse.

Cela se fait en formant un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent (chacun) deux fois la demi-largeur maximale de la bouffée dangereuse (445 m), alors que les deux autres côtés mesurent (chacun) l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir du point source (19 km) et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 19).

Si le vent ne fluctue que de 20° (315° ± 10°), le schéma de la zone dangereuse correspondant à celui de la figure 20.

Note. - Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, la bouffée a franchi seulement 0,63 km. Sous un vent de 7,5 km/h, il s'écoulerait encore 147 minutes avant que la bouffée franchisse la distance maximale dangereuse sous le vent, soit 19 km.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. - Lorsqu'il y a déversement d'oxyde d'éthylène dans l'eau, on observe trois phénomènes simultanés: évaporation, étalement et mélange. Pour la préparation des nomogrammes, deux cas de pire scénario ont été choisis. Dans le premier cas, le taux d'étalement à la surface a été évalué en postulant une dissolution nulle, tout en tenant compte des pertes par évaporation. Dans le second cas, le risque de pollution de l'eau a été évalué en postulant une dissolution de tout l'oxyde d'éthylène et une évaporation nulle.

5.4.2 Étalement sur l'eau. - Le taux d'étalement résulte de l'équilibre entre les forces qui causent l'étalement (gravité et tension superficielle) et les forces qui le freinent (inertie et viscosité). Étant donné que les liquides à tension de vapeur élevée comme l'oxyde d'éthylène s'évaporent rapidement, il n'est tenu compte ici que du régime initial gravité-inertie (Raj, 1974). L'étendue maximale de la nappe est fonction principalement du taux d'évaporation.

Les équations qui décrivent l'étalement sur l'eau sont présentées dans le manuel d'introduction de la collection. Pour le nomogramme correspondant, la température a été fixée

à 20 °C, ce qui constitue un maximum raisonnable pour des eaux de surface. Cette température donne une étendue maximale. Par ailleurs, il est pris pour acquis qu'aucune dissolution ne se produit.

5.4.3 Diffusion dans l'eau. - On pose comme hypothèse que la totalité de l'oxyde d'éthylène déversé se dissout rapidement et qu'il ne se produit aucune évaporation. Il y a donc mélange et dissolution. En général, le phénomène de mélange peut être décrit par les équations de diffusion classiques, comportant un ou plusieurs coefficients de diffusion. Dans les cours d'eau, le mélange est surtout le résultat d'un écoulement turbulent; alors que dans un plan d'eau (étendue d'eau calme) il s'effectue par diffusion moléculaire.

Pour évaluer la teneur en polluant de l'eau d'un cours d'eau en aval du lieu d'un déversement, les auteurs ont utilisé un modèle de diffusion turbulente. Le modèle utilisé est unidimensionnel; il établit un canal rectangulaire théorique et suppose une teneur uniforme en polluant dans toute section donnée de l'écoulement (section mouillée). En pratique, une telle uniformité n'est possible qu'en des points situés assez loin en aval du lieu du déversement, là où les mécanismes de mélange et de dilution ont joué suffisamment pour produire une répartition égale du polluant à travers le canal. Le modèle s'applique aux cours d'eau dont le rapport largeur/profondeur est inférieur à 100. Il postule également un coefficient de rugosité de Manning de 0,03. (Pour plus de détails au sujet de ce modèle, voir le *Manuel d'introduction Enviroguide.*)

En ce qui a trait à la diffusion moléculaire dans un plan d'eau, aucun modèle n'a été élaboré. Les auteurs ont établi des nomogrammes permettant de délimiter la zone dangereuse et de calculer la teneur moyenne dans cette zone en fonction de la masse de liquide déversé, indépendamment du temps écoulé.

5.4.4 Nomogrammes. - Le lecteur trouvera ci-dessous la liste des nomogrammes servant à déterminer l'étalement sur un plan d'eau (dissolution nulle) et la teneur en polluant de l'eau d'un lac ou d'un cours d'eau (évaporation nulle) non soumis à la marée.

A. - Étalement sur un plan d'eau calme

Figure 21 Rayon maximal de la nappe en fonction de la masse de liquide déversé avec évaluation du temps requis pour une évaporation complète

B. - Dissolution dans un cours d'eau non soumis aux marées

Figure 23 Distance en fonction du temps (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)

Figure 24 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal (pour une plage de profondeurs du canal (hauteurs d'eau))

Figure 25 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique (pour une plage de vitesses moyennes d'écoulement)

Figure 26 Alpha* en fonction du coefficient de diffusion turbulente (pour différentes valeurs de temps écoulé)

Figure 27 Delta* en fonction d'alpha (pour différentes masses de liquide déversé)

Figure 28 Teneur maximale en fonction de delta (pour des sections mouillées de différentes surfaces)

C. - Dissolution dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 29 Volume d'eau en fonction du rayon hydraulique de la zone dangereuse (pour différentes profondeurs du lac, c.-à-d. différentes hauteurs d'eau)

Figure 30 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau de la zone dangereuse (pour différentes masses de liquide déversé)

5.4.4.1 Étalement sur un plan d'eau (calme). - Si l'on pose comme hypothèse qu'il ne se produit aucune dissolution, et dans la mesure où la masse de liquide déversé est connue, on peut déterminer à l'aide la figure 21 le rayon maximal de la nappe d'oxyde d'éthylène. Le nomogramme s'appuie sur des données extraites du Hazards Assessment Handbook et sur un modèle informatisé d'étalement et d'évaporation simultanées d'un liquide cryogénique déversé sur l'eau (Raj, 1974). Les têtes de flèches indiquent les temps requis pour l'évaporation totale du liquide déversé. Comme ces temps sont courts, la durée totale de l'étalement n'a pas été prise en considération. La détermination de la distance de déplacement sous l'action du vent ou du courant de surface ne s'applique pas davantage.

5.4.4.2 Diffusion dans les cours d'eau non soumis aux marées

Figure 23 Distance en fonction du temps. - Le graphique montre les relations entre la vitesse moyenne de l'écoulement, le temps écoulé et la distance parcourue. Pour une vitesse moyenne de l'écoulement V donnée, le temps *t* que met le polluant pour atteindre un point situé à une distance x donnée en aval du lieu du déversement peut être obtenu rapidement à l'aide de ce graphique.

Figure 24 Rayon hydraulique en fonction de la largeur du canal. - Le modèle choisi pour évaluer la teneur en polluant en aval du lieu du déversement comporte un canal rectangulaire théorique de largeur L, ayant une hauteur d'eau h. Le rayon hydraulique r doit être connu pour calculer le coefficient de diffusion turbulente E. Le rayon hydraulique lui-même correspond au rapport de la surface de la section s mouillée (ou section de l'écoulement) au périmètre mouillée B. La figure 24 permet de déterminer le rayon hydraulique d'un canal à partir de la largeur de ce dernier et de la hauteur d'eau.

---

* Alpha et delta ne sont que des facteurs de conversion: leur utilité est de faciliter le calcul des teneurs en aval du lieu du déversement.

Figure 21

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

RAYON MAXIMAL DE LA NAPPE EN FONCTION DE LA MASSE DE LIQUIDE DÉVERSÉ

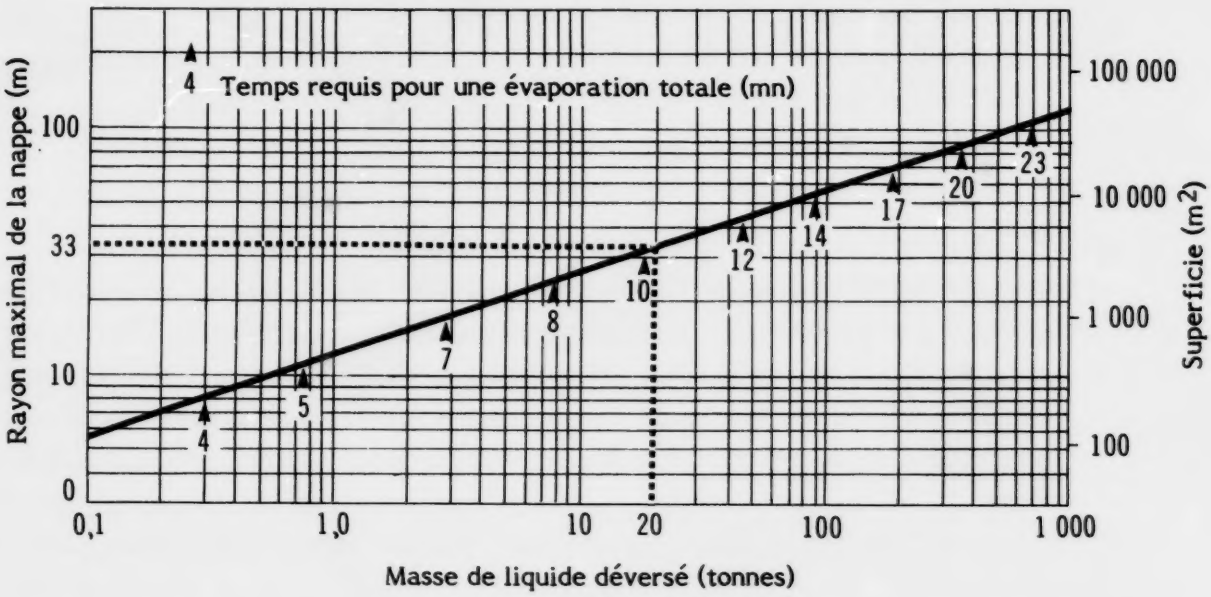


Figure 25 Coefficient de diffusion turbulente en fonction du rayon hydraulique. - Les données connues sur le rayon hydraulique r et sur la vitesse moyenne de l'écoulement V permettent de déterminer le coefficient de diffusion turbulente E.

Figure 26 Alpha en fonction du coefficient de diffusion turbulente. - Le nomogramme permet d'obtenir le facteur de conversion α; ce dernier est fonction du coefficient de diffusion turbulente E et du temps t requis pour atteindre un point situé en aval du lieu du déversement.

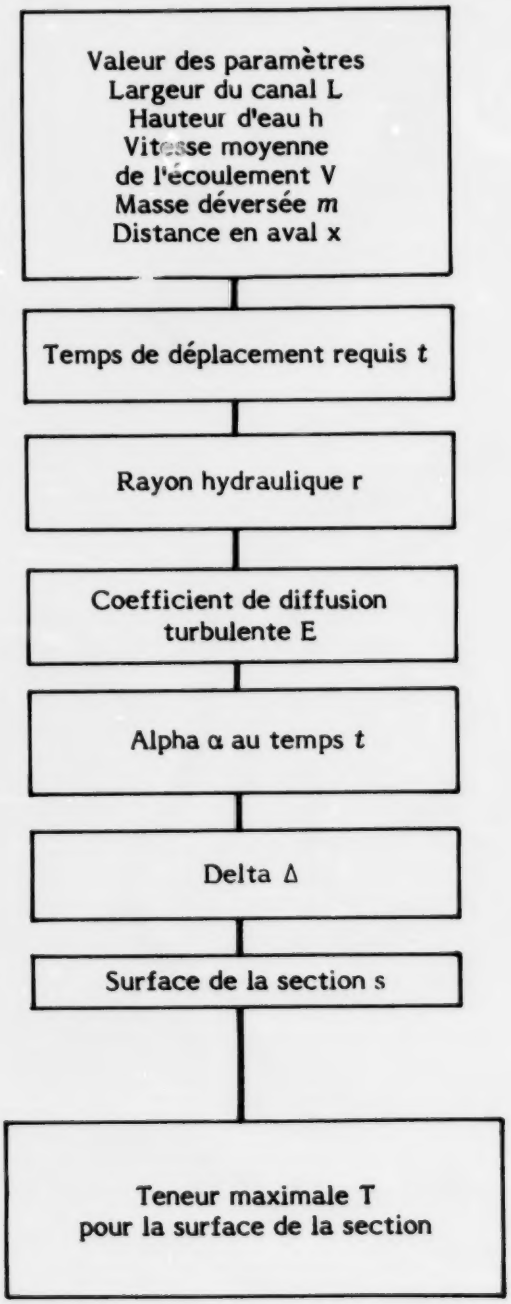
Figure 27 Delta en fonction d'alpha. - Un second facteur de conversion, delta Δ, est requis pour évaluer la teneur en polluant en un point donné. Delta en fonction d'alpha et de la masse de liquide déversé.

Figure 28 Teneur maximale en fonction de delta. - Il s'agit de la dernière étape dans la détermination de la teneur maximale en polluant en un point situé en aval du lieu du déversement. En se servant du facteur delta et connaissant la surface de la section mouillée s, le lecteur trouve rapidement la teneur. La valeur obtenue vaut pour les liquides miscibles à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, et pour les solides solubles dans l'eau; elle variera quelque peu dans le cas de polluants dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau.

Figure 22

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

ÉTAPES À SUIVRE POUR CALCULER LA TENEUR EN POLLUANT D'UN COURS D'EAU NON SOUMIS AUX MARÉES



Étape 1

Par observation ou évaluation

L = _____ m
h = _____ m
V = _____ m/s
m = _____ tonnes
x = _____ m

Étape 2 *t* = _____ mn (fig. 23)

Étape 3 r = _____ m (fig. 24)

Étape 4 E = _____ m^2/s (fig. 25)

Étape 5 α = _____ (fig. 26)

Étape 6 Δ = _____ (fig. 27)

Étape 7 s = L x h = _____ m^2

Étape 8 T = _____ ppm (fig. 28)

Figure 23

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DISTANCE
EN FONCTION DU TEMPS

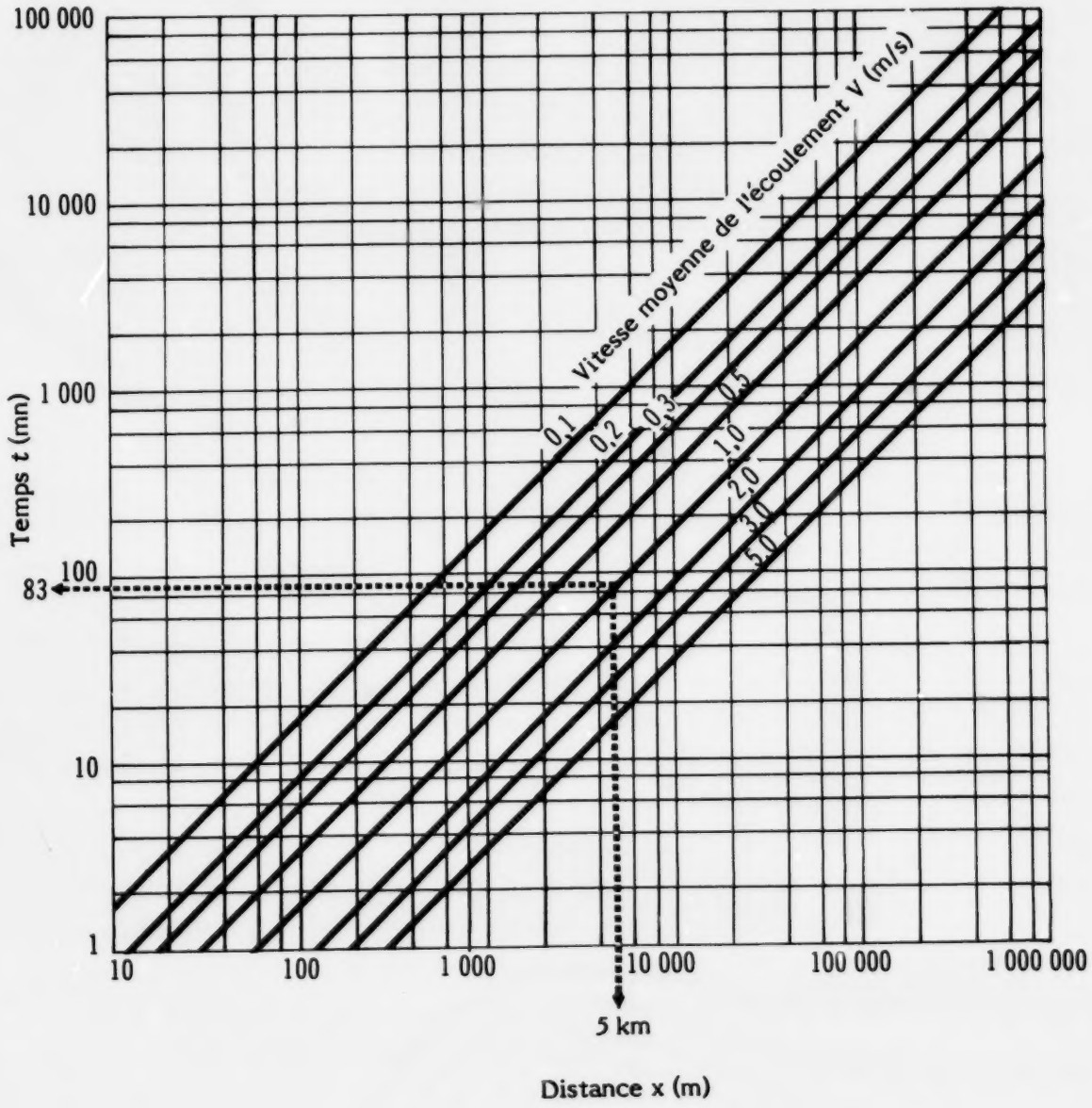


Figure 24

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

RAYON HYDRAULIQUE EN FONCTION DE LA LARGEUR DU CANAL

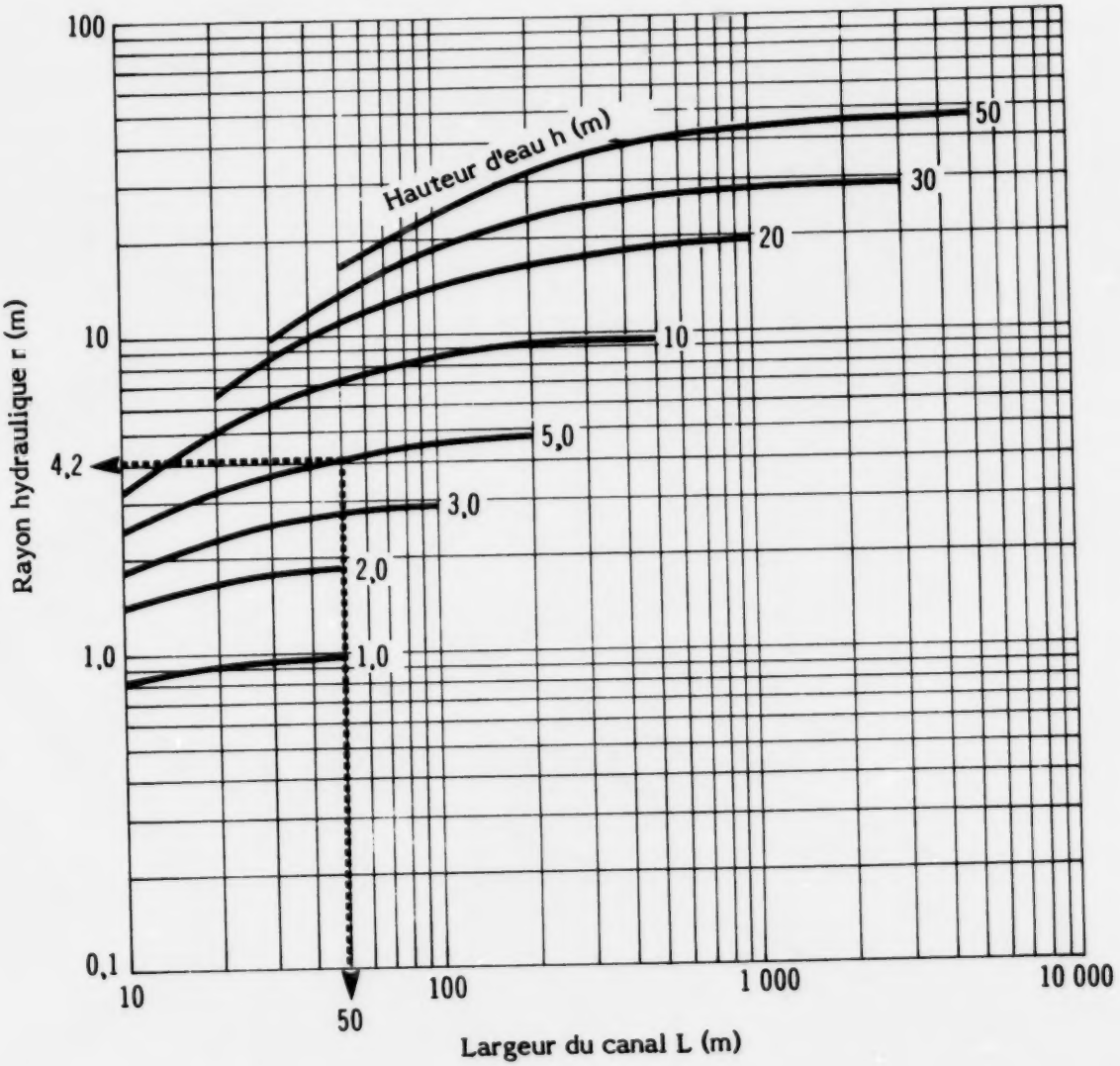


Figure 25

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

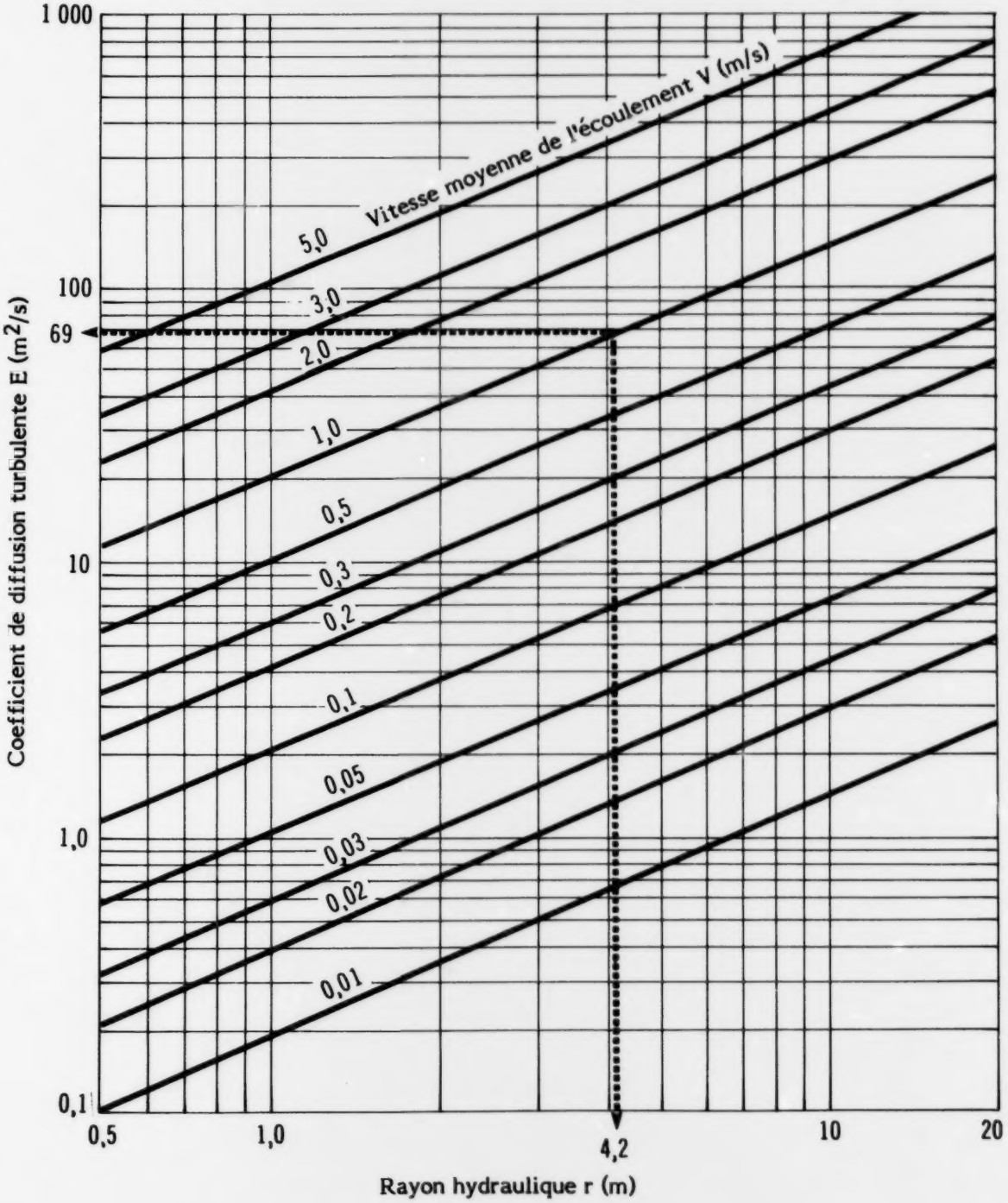


Figure 26

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — ALPHA EN FONCTION DU COEFFICIENT DE DIFFUSION TURBULENTE

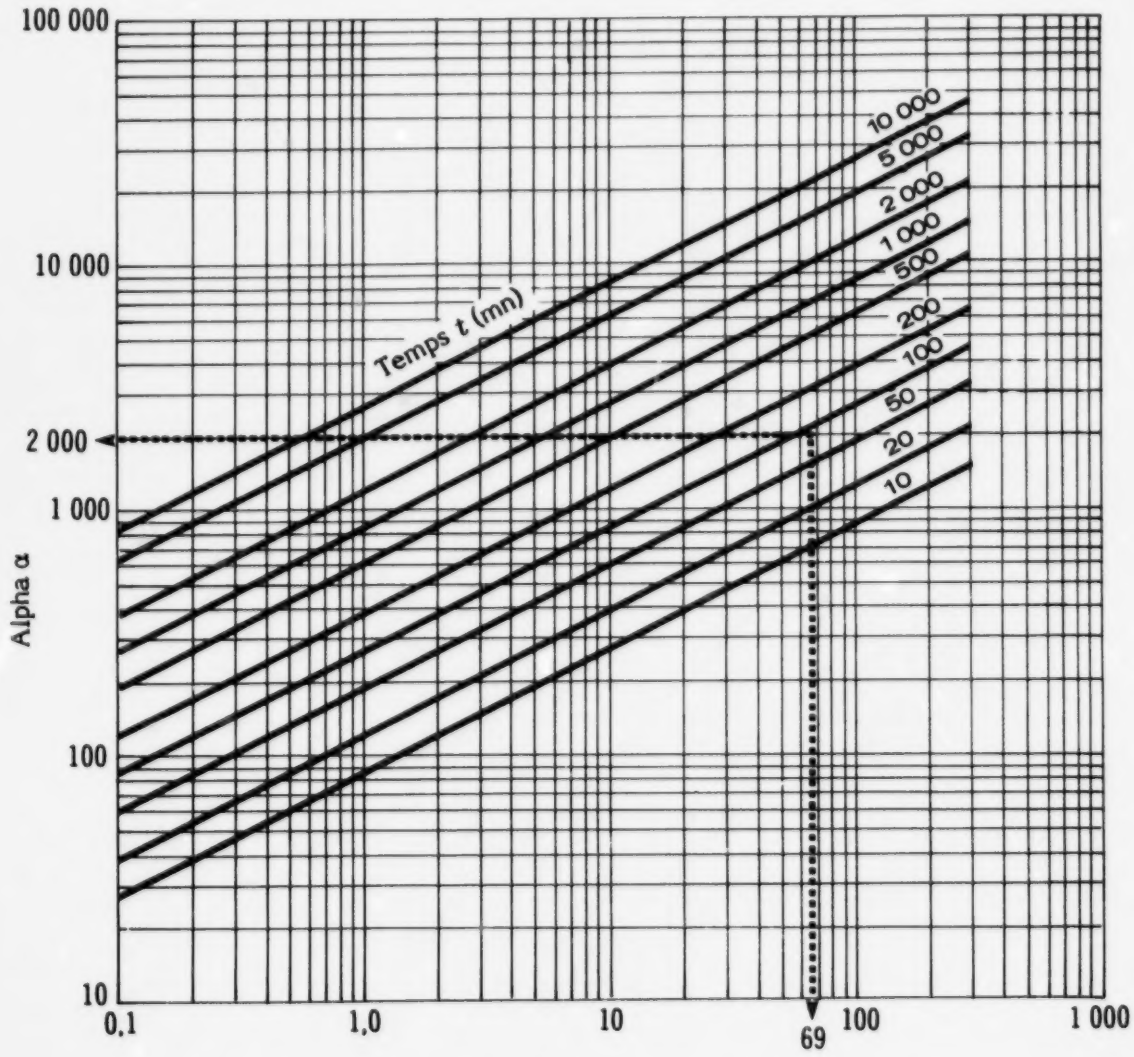


Figure 27

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

DELTA
EN FONCTION D'ALPHA

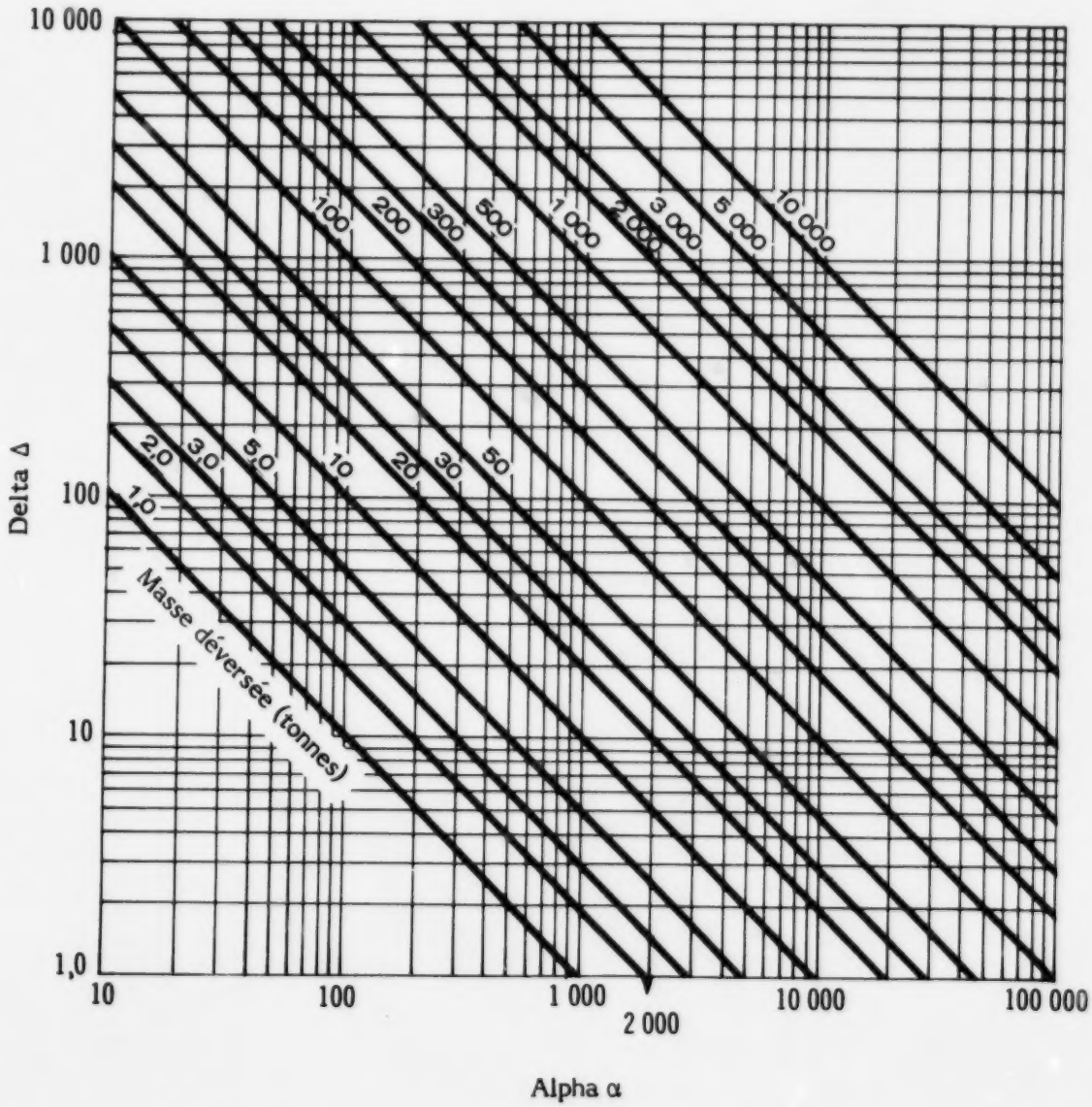
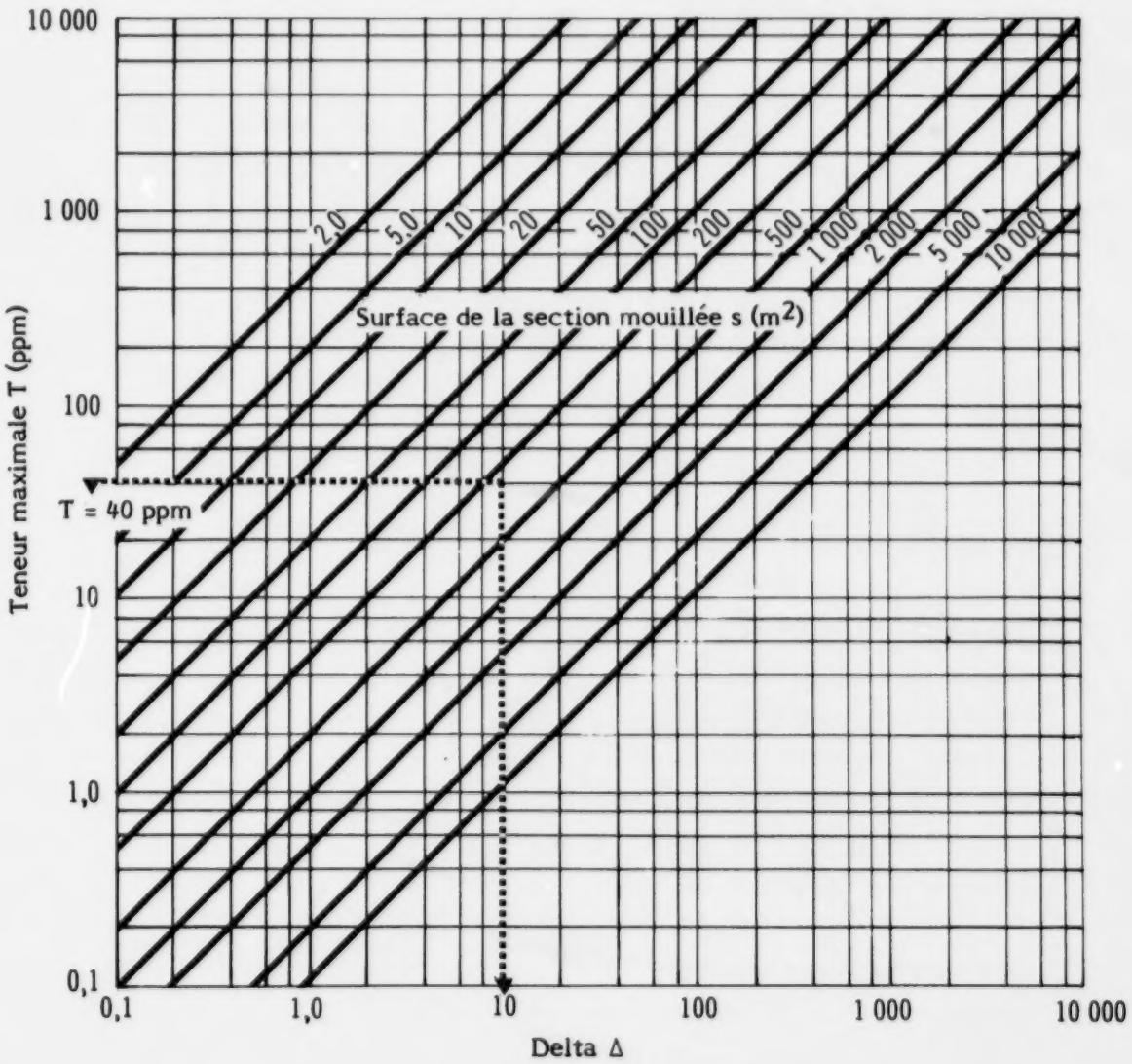


Figure 28

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

TENEUR MAXIMALE EN FONCTION DE DELTA



5.4.4.3 Diffusion dans les lacs au repos et autres plans d'eau

Figure 29 Volume d'eau en fonction du rayon. - L'étendue d'eau calme (ni vent, ni courant) touchée par le déversement d'un liquide miscible à l'eau, de densité équivalente à celle de l'eau, est représentée par un cylindre théorique de rayon r et de longueur égale à la hauteur d'eau h à l'endroit où le déversement se produit. Le volume d'eau peut être obtenu à l'aide de la figure 29. Le rayon r équivaut à la distance x entre le lieu du déversement et le point où la teneur est mesurée.

Figure 30 Teneur moyenne en fonction du volume d'eau. - Pour un volume d'eau connu du cylindre théorique, le nomogramme permet d'établir une teneur moyenne en polluant selon la masse de liquide déversé. Il est pris pour acquis que la diffusion du polluant est uniforme dans le cylindre. En pratique, dans le cas de corps dont la densité relative est supérieure ou inférieure à celle de l'eau, la teneur réelle près du fond sera plus forte ou plus faible.

5.4.5 Exemples de calcul

5.4.5.1 Étalement sur l'eau. - Un déversement de 20 tonnes d'oxyde d'éthylène s'est produit sur un lac de grandes dimensions. Calculer le rayon maximal de la nappe, en supposant une dissolution nulle, ainsi que le temps approximatif nécessaire à l'évaporation totale du liquide. Solution (voir fig. 21): pour une masse déversée égale à 20 tonnes, r max. = 33 m; le temps nécessaire à une évaporation totale est d'environ 10 minutes.

5.4.5.2 Teneur en polluant d'un cours d'eau non soumis aux marées. - Vingt tonnes d'oxyde d'éthylène ont été déversées dans une rivière. La hauteur d'eau h est de 5 m et la largeur L, de 50 m. La vitesse moyenne de l'écoulement est évaluée à 1 m/s. Quelle est la teneur maximale prévisible en un point situé à 5 km en aval, près d'une prise d'eau?

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.
L = 50 m; h = 5 m; V = 1 m/s.
m = 20 tonnes d'oxyde d'éthylène.

Étape 2 Déterminer le temps requis pour atteindre le point donné.
Comme x = 5000 m et V = 1 m/s, t = 83 mn (fig. 23).

Étape 3 Déteminer le rayon hydraulique.
Comme L = 50 m et h = 5 m, r = 4,2 m (fig. 24).

Étape 4 Déterminer le coefficient de diffusion turbulente.
Comme r = 4,2 m et V = 1 m/s, E = 69 m^2/s (fig. 25).

Étape 5 Déterminer la valeur d'alpha.
Comme E = 69 m^2/s et t = 83 mn, α = 2000 (fig. 26).

Étape 6 Déterminer la valeur de delta.
Comme α = 2000 et m = 20 tonnes, Δ = 10 (fig. 27).

Figure 29

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

VOLUME D'EAU
EN FONCTION DU RAYON HYDRAULIQUE

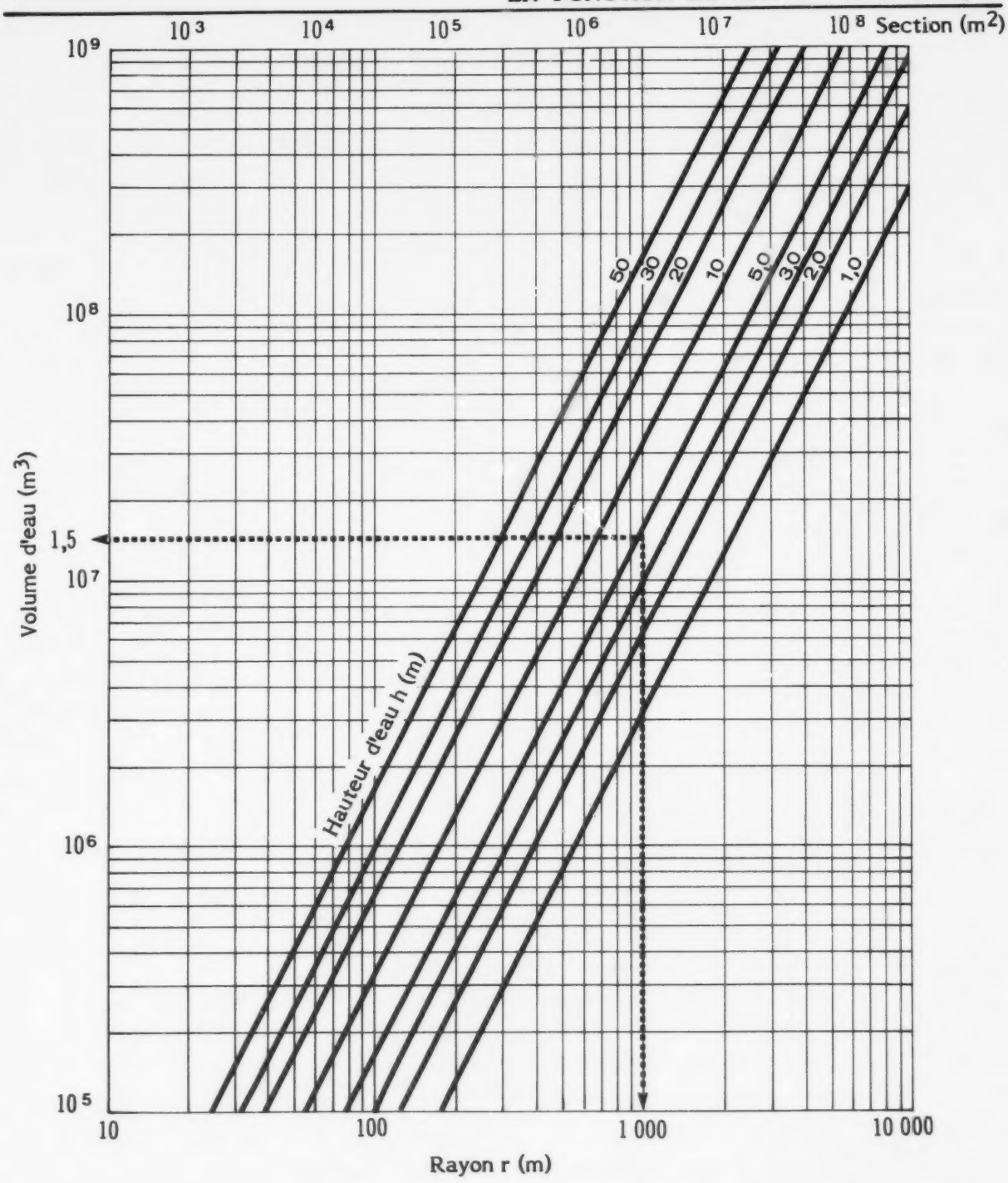
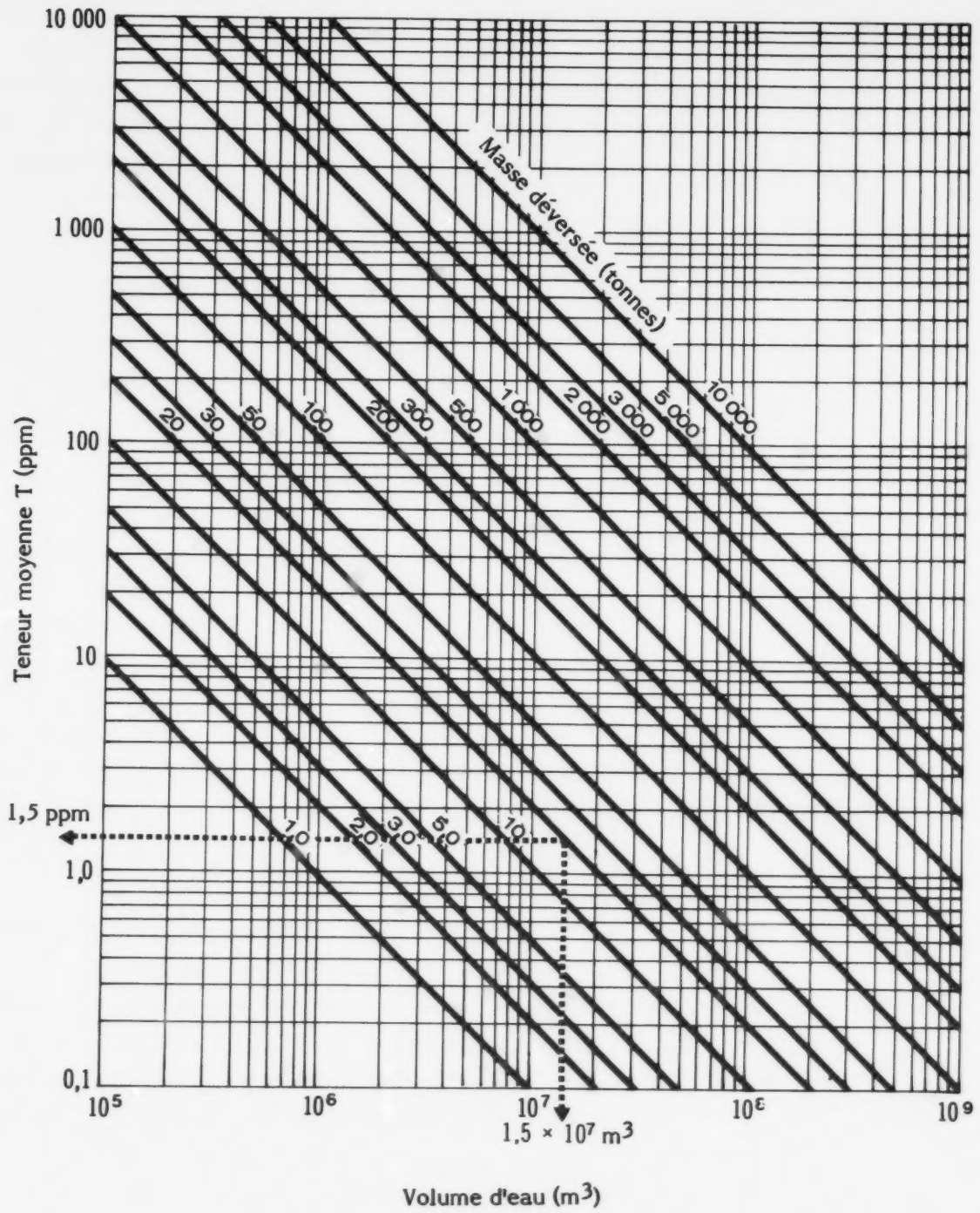


Figure 30

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

TENEUR MOYENNE
EN FONCTION DU VOLUME D'EAU



Étape 7 Calculer la surface de la section mouillée.

$s = L \times h = 50 \times 5 = 250\ m^2$.

Étape 8 Déterminer la teneur maximale au point donné.

Comme $\Delta = 10$ et $s = 250\ m^2$, T = 40 ppm (fig. 28).

5.4.5.3 Teneur en polluant dans les lacs au repos et autres plans d'eau. - Vingt tonnes d'oxyde d'éthylène ont été déversées dans un lac. Le point qui nous intéresse se trouve le long de la rive, à environ 1000 m du lieu du déversement. Entre ce lieu et le point donné, la hauteur d'eau moyenne est de 5 m. Quelle est la teneur moyenne prévisible en ce point?

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

h = 5 m; r = 1000 m; m = 20 tonnes.

Étape 2 Déterminer le volume d'eau assurant la diffusion.

Comme r = 1000 m et h = 5 m, vol. = $1{,}5 \times 10^7\ m^3$ environ (fig. 29).

Étape 3 Déterminer la teneur moyenne.

Comme vol. = $1{,}5 \times 10^7\ m^3$ et m = 20 tonnes, T = 1,5 ppm (fig. 30).

5.5 Comportement dans le sol de surface et dans le sous-sol

5.5.1 Introduction. - Les lois de la migration des fluides dans le sol, ainsi que leur application dans le cadre de la collection "Enviroguide", sont exposées dans le manuel d'introduction de la collection. Les éléments dont il faut tenir compte dans le cas du déversement et de la migration de l'oxyde d'éthylène sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Il y a évaporation lorsque l'oxyde d'éthylène est déversé sur le sol. Les pertes par évaporation représentent la plus grande partie du liquide déversé; le reste pénètre dans le sol, où la vitesse d'évaporation est grandement ralentie.

Comme l'oxyde d'éthylène est miscible à l'eau, la présence d'eau dans le sol ou une pluie au moment du déversement influent sur la vitesse de migration du produit dans le sol. Les solutions aqueuses ont des viscosités et, à un moindre degré, des masses volumiques plus grandes que celles de l'oxyde d'éthylène liquide. Le mouvement descendant du fluide est alors plus lent, sa tension de vapeur baisse et sa vitesse d'évaporation diminue.

Si le sol est saturé en eau au moment de l'accident, comme cela peut se produire à la suite de précipitations, la solution ruissellera ou formera une mare et s'évaporera.

Dans la présente section, les auteurs ont attribué au sol une capacité normale d'humidité, dite capacité au champ. Le sol recèle alors très peu d'eau interstitielle susceptible de diluer le produit au cours de sa migration ou de freiner son mouvement descendant: il s'agit donc d'un scénario parmi les pires.

Au cours de sa migration, l'oxyde d'éthylène peut réagir avec certains matériaux constitutifs du sol. Il peut y avoir évaporation. On suppose néanmoins qu'une proportion

considérable du fluide poursuit son mouvement descendant jusqu'à la nappe phréatique. En fait, l'analyse présentée dans les paragraphes qui suivent ne tient compte d'aucun facteur de ralentissement.

Lorsque le fluide atteint la nappe phréatique, il continue sa migration dans la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe. Il forme une poche de solution polluée, au sein de laquelle les phénomènes de diffusion et de dilution contribuent à une certaine baisse de la teneur en polluant (fig. 31).

5.5.2 Migration du polluant dans un sol à capacité au champ. - Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration du fluide dans la zone non saturée (à capacité au champ), jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le manuel d'introduction de la collection. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, alors que l'on pose comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. - Le coefficient de perméabilité K_0 (ou conductivité hydraulique) mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)

μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)

g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2.

Dans le cas présent, les fluides considérés sont l'oxyde d'éthylène et l'eau. Les valeurs établies pour l'eau correspondant au point extrême de dilution du produit.

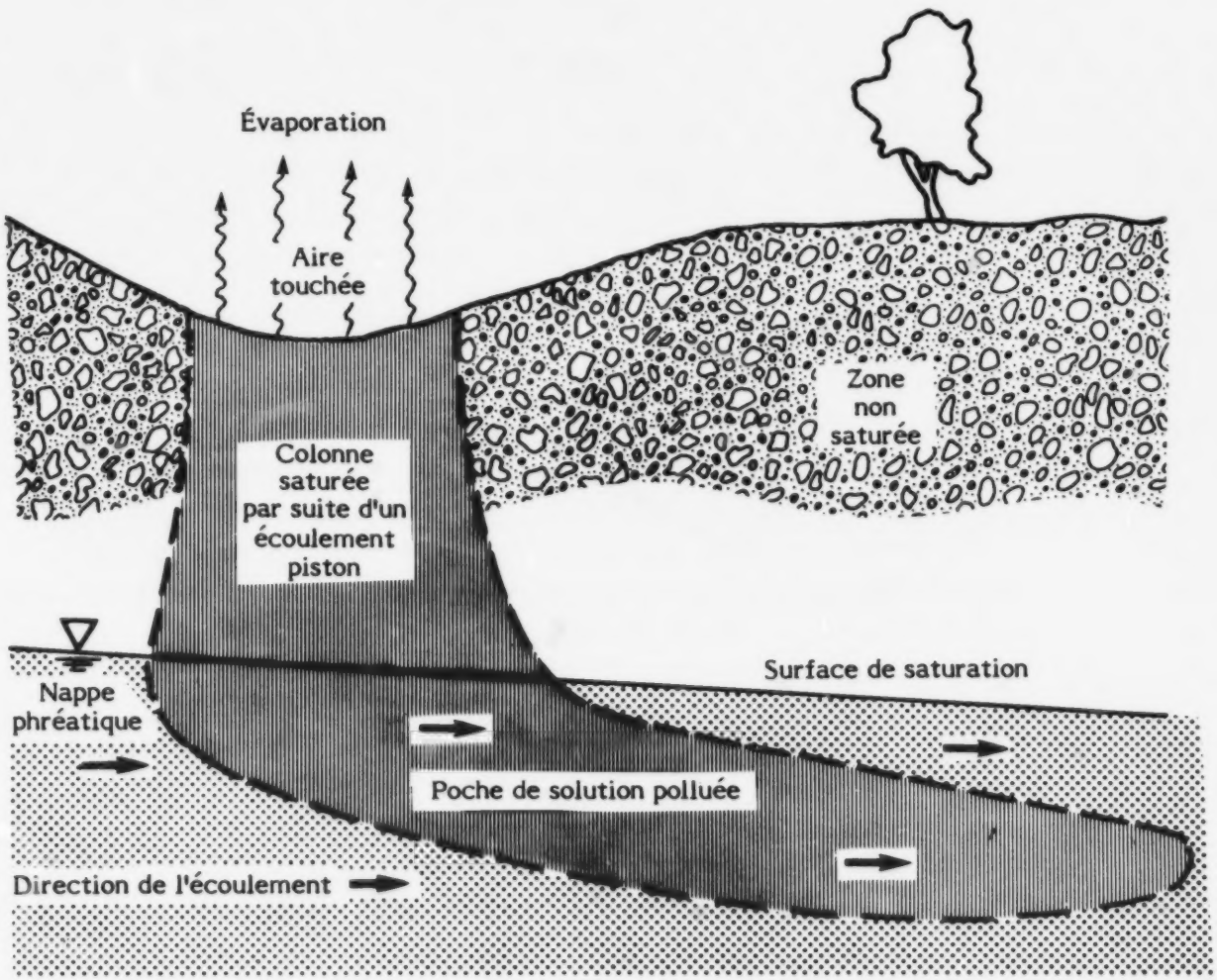
Valeurs établies pour les fluides

	Oxyde d'éthylène	liquide	Eau
Paramètre		4 °C	20 °C
Masse volumique (kg/m^3)		895	1000
Viscosité absolue (Pa . s)		$0,29 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité d'un sol saturé (m/s)		$(3,03 \times 10^7)k$	$(0,98 \times 10^7)k$

5.5.4 Types de sol. - Le manuel d'introduction de la collection décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-après présente les valeurs établies pour les paramètres qui influent sur la migration des fluides.

Figure 31

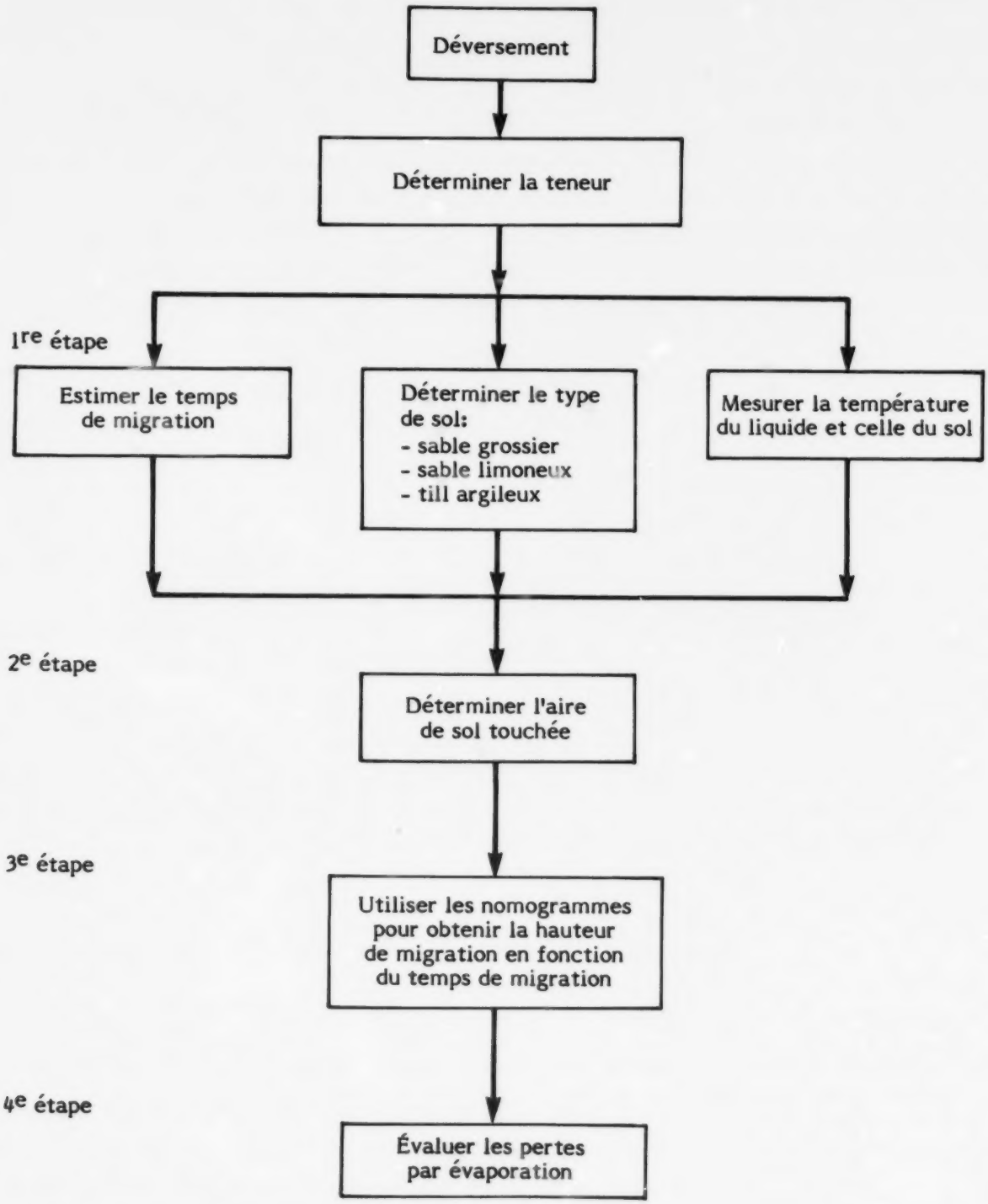
OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **MIGRATION DANS LE SOUS-SOL**



Sol: sable grossier
Porosité = 0,35
Perméabilité intrinsèque = 10^{-9} m^2
Capacité au champ = 0,075

Figure 32

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES



Valeurs établies pour les sols

Paramètre	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45

5.5.5 Nomogrammes de la migration. - Un nomogramme de la migration du fluide dans la couche de sol non saturée (c.-à-d. à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque type de sol mentionné. Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration pour un volume donné de fluide déversé au sein d'une colonne de sol d'une superficie donnée. Vu les méthodes utilisées et les hypothèses posées, la profondeur atteinte par le fluide après un temps donné doit être considérée comme maximale. Le lecteur trouvra à la figure 32 le plan d'utilisation des nomogrammes présentées aux figures 33 à 35.

La droite représentant la profondeur atteinte par l'eau correspond à la profondeur maximale d'infiltration de l'eau à une température de 20 °C, pour un temps donné. Elle correspond donc à la hauteur maximale de migration du polluant dilué à l'extrême au contact de l'eau.

5.5.6 Exemple de calcul. - Quarante tonnes d'oxyde d'éthylène se sont répandues sur un sol constitué de sable limoneux. L'aire touchée a un rayon de 8,6 m. La température est de 4 °C. La moitié du liquide déversé s'est évaporée. Calculer la hauteur de migration atteinte par le fluide, 2 jours après le début du déversement.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse de fluide déversé: 40 000 kg

Masse de fluide migrant = 40 000 kg - 20 000 kg (évaporation) = 20 000 kg

Température = 4 °C

Rayon de l'aire touchée = 8,6 m

Type de sol = sable limoneux

Profondeur de la surface de saturation = 13 m

Temps écoulé depuis le début du déversement = 2 jours.

Étape 2 Calculer l'aire touchée par le fluide.

Aire = r^2 = 232 m^2.

Étape 3 Évaluer la hauteur de migration après 2 jours.

Hauteur de migration = 5 m

La surface de saturation n'a pu être atteinte.

Figure 33

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — **MIGRATION DANS UN SABLE GROSSIER**

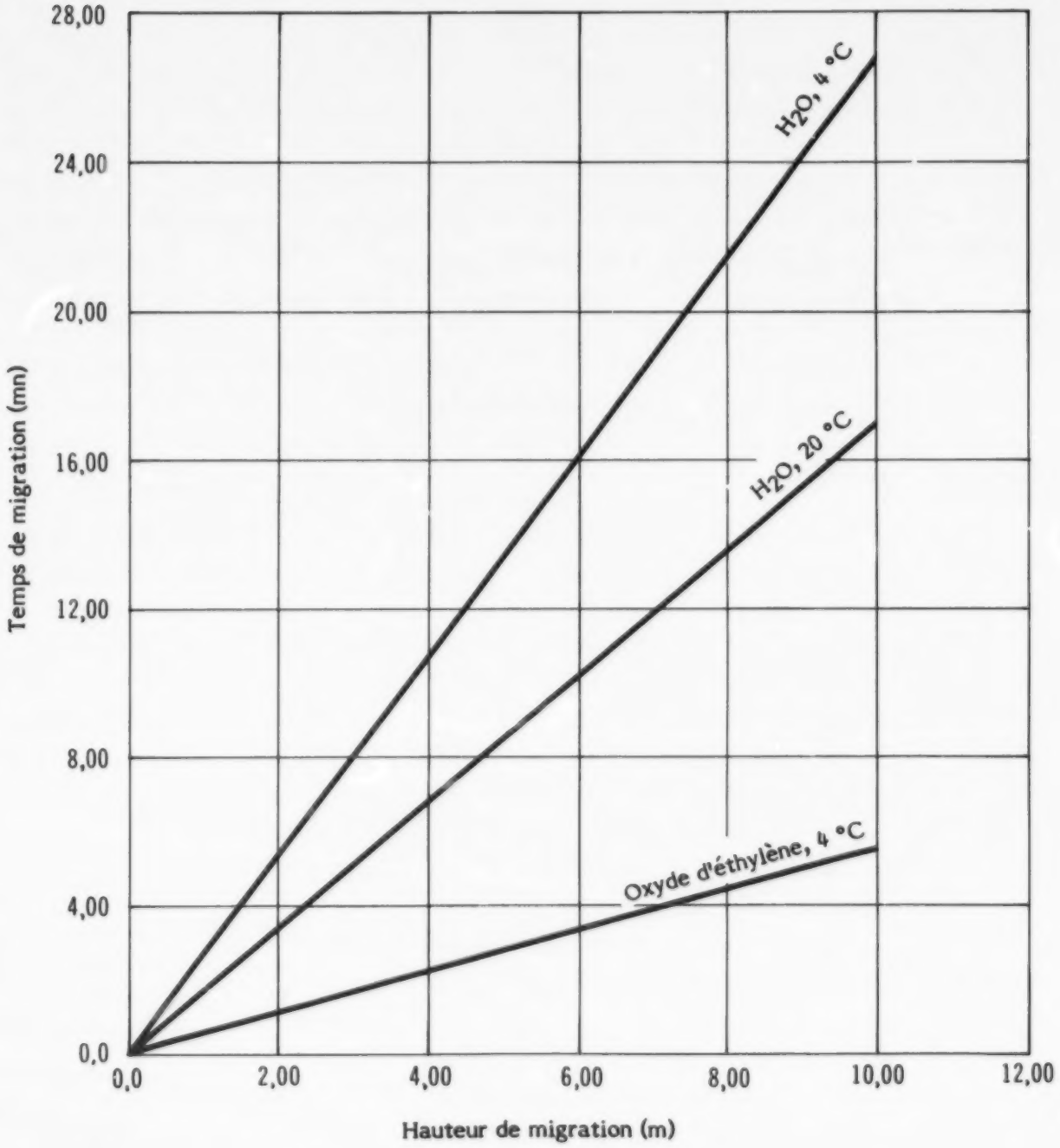


Figure 34

OXYDE D'ÉTHYLÈNE — MIGRATION DANS UN SABLE LIMONEUX

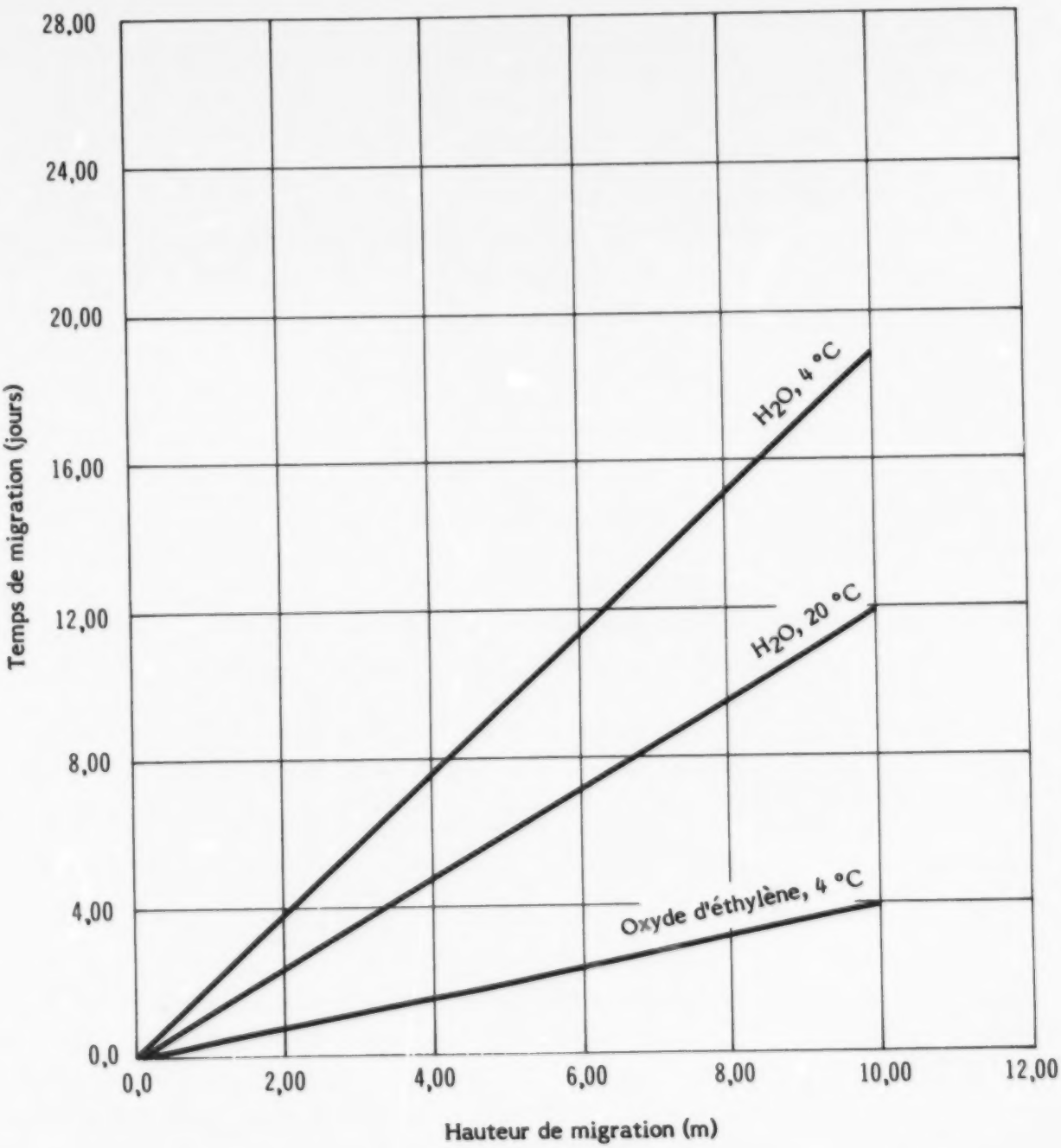
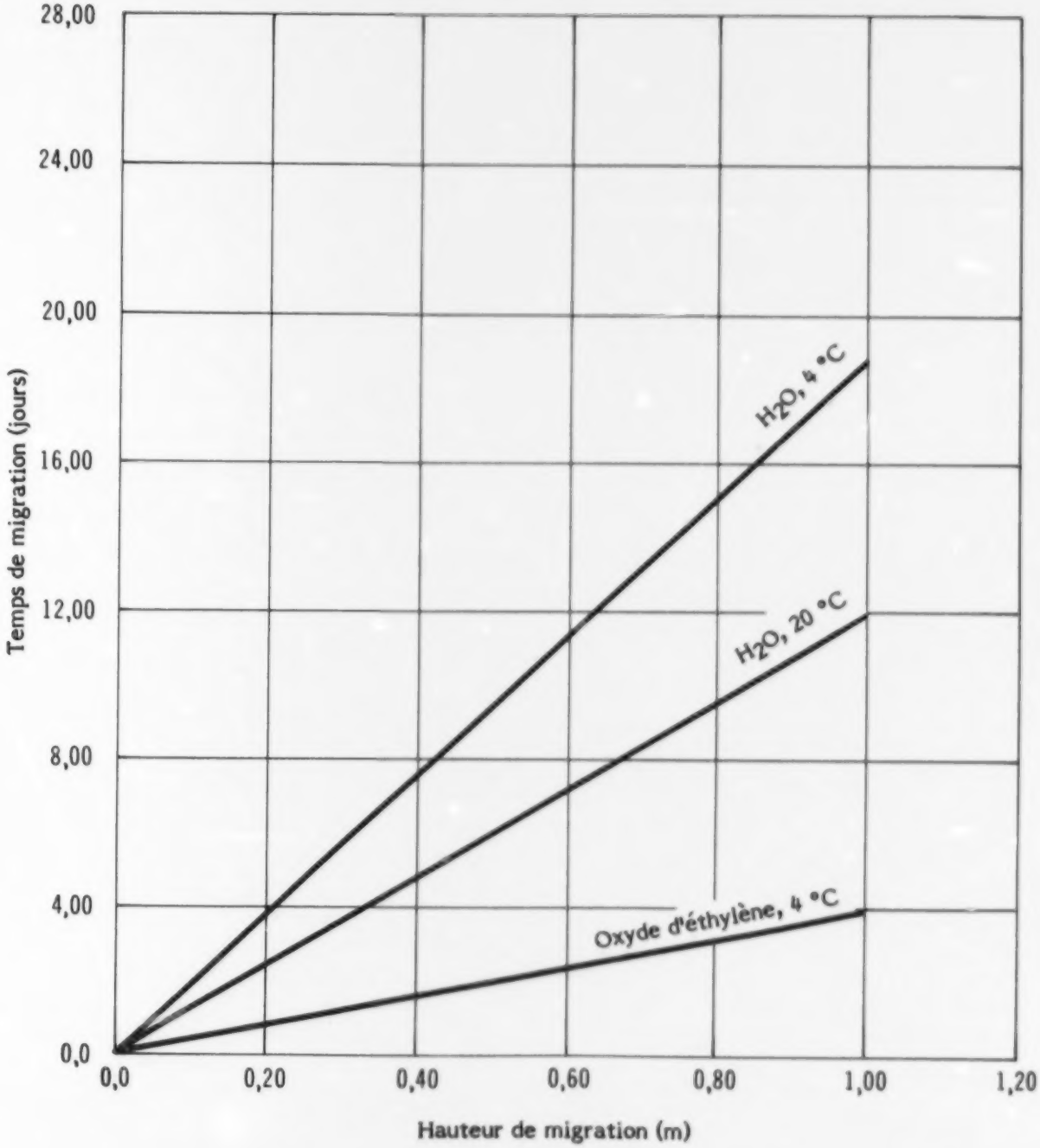


Figure 35

OXYDE D'ÉTHYLÈNE

MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau. - Au Canada, il n'existe pas de limite fixée par règlement en ce qui concerne la teneur de l'eau en oxyde d'éthylène.

6.1.2 Qualité de l'air. - En Ontario, la limite de pollution atmosphérique est de 28 500 g/m^3 (Ontario E.P. Act, 1971).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. - La tolérance limite moyenne pour 96 heures (TLm 96) à l'oxyde d'éthylène correspond à des teneurs variant entre 10 et 100 ppm (RTECS, 1979).

6.2.2 Mesures de la toxicité. - Aucune donnée n'a été obtenue sur des destructions de poissons.

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Conditions	Source
90	24	Poisson doré	TLm	ASTM D1345	Verschueren, 1984
90	24	Poisson doré	DL 50	Eau aérée pH de 7,8, 20 °C	Bridié, 1979

Micro-organismes. - L'oxyde d'éthylène est fréquemment utilisé comme stérilisant à cause de son action bactéricide. Il est très toxique pour les micro-organismes.

6.3 Autres effets toxiques au sol et dans l'atmosphère

L'oxyde d'éthylène affecte la germination des graines de semence et il a une action mutagène sur les plantes (OHM-TADS, 1981).

6.4 Dégradation du polluant

L'oxyde d'éthylène a une demande biochimique en oxygène (DBO) de 0,06 (*m/m*) et une demande chimique d'oxygène (DCO) de 1,74 (*m/m*) (Verschueren, 1984). L'oxyde d'éthylène possède une demi-vie dans l'eau de 76 heures à 37 °C et de 6 mois à 4 °C. Le principal produit de la dégradation de l'oxyde d'éthylène est l'éthylène glycol (EOPD, 1977).

6.5 Devenir et effets à long terme

On n'a pas déterminé les potentiels de bioconcentration et de bio-accumulation le long de la chaîne alimentaire.

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Les effets toxiques de l'oxyde d'éthylène sur l'homme et les animaux ont été bien documentés dans plusieurs ouvrages de synthèse (NIOSH, 1977b, 1981; Patty, 1981). Il existe une grande quantité de données sur l'irritation de la peau et des yeux, de même que sur les effets systémiques résultant d'une exposition à l'oxyde d'éthylène. On a signalé une action mutagène chez au moins 13 espèces animales, et des effets cancérogènes ont été observés chez des rats (NIOSH, 1981). Par ailleurs, on a noté une fréquence accrue d'aberrations chromosomiques chez les ouvriers de sexe masculin, et deux études épidémiologiques ont révélé des cancers chez des ouvriers exposés à l'oxyde d'éthylène. Le potentiel tératogène de l'oxyde d'éthylène n'a été que faiblement corroboré par des études sur des animaux.

En 1981, le NIOSH, dans son *Current Intelligence Bulletin* nº 35, s'appuyant sur des données obtenues pour les animaux et les humains depuis 1977, a recommandé que l'oxyde d'éthylène soit considéré, en milieu de travail, comme un cancérogène possible. Le 8 janvier 1982, le ministère du Bien-être et de la Santé du Canada mettait les hôpitaux en garde contre les dangers pour la santé d'une exposition à l'oxyde d'éthylène. Le Conseil de sécurité du Canada publiait lui aussi, en avril de la même année, un avis de danger.

Les données toxicologiques présentées ci-après sont extraites de sources fiables et reconnues. Il faut noter que certaines des données valent pour des expositions prolongées, à faible teneur, de sorte qu'elles peuvent ne pas s'appliquer telles quelles dans les situations créées par les déversements. À l'exception des données portant sur la mutagénicité, la tératogénicité et la cancérogénicité, seules les données sur la toxicité aigue (brève exposition) pour des mammifères autres que l'homme apparaissent, afin de faciliter l'interprétation des données relatives à l'homme, le cas échéant.

7.1 Normes de qualité d'air ambiant

Les normes de qualité d'air ambiant pour l'oxyde d'éthylène sont établies en fonction des effets de ce toxique comme agent sensibilisant et irritant primaire. Cependant, le NIOSH et l'ACGIH ont tous deux recommandé l'adoption de normes plus strictes, à la lumière des données qui font ressortir les pouvoirs cancérogènes et mutagènes de l'oxyde d'éthylène, ainsi que ses effets sur la reproduction (Doc. TLV, 1981; NIOSH, 1981). Les directives des États provinciaux au Canada, sont semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH aux États-Unis, sauf indication contraire.

Teneurs maximales admissibles

Norme	Origine	Teneur	Source
	Teneur moyenne pondérée en fonction du temps		
TLV® (8 h)*	ACGIH	1 ppm (2 mg/m^3)	TLV, 1983
	Teneur pour une exposition de courte durée		
Les STEL, qui ont atteint jusqu'à 75 ppm, ont été abandonnées après la découverte des effets cancérogènes et mutagènes.			

* Au cours des dernières années, la TLV® a été réduite de 50 ppm (1979) à 10, puis à 1. D'autres normes, établies par d'autres organismes que l'ACGIH, ont suivi la même évolution.

Autres teneurs limites

Norme	Origine	Teneur	Source
IDLH	NIOSH	800 ppm	NIOSH Guide, 1978
Teneur tox. min.		12 500 ppm (105)	RTECS, 1979
Teneur létale 50		4000 ppm (4 h)	AAR, 1981

Indice de toxicité par inhalation. - L'indice de toxicité par inhalation (I.T.I.) représente une mesure de la capacité d'une substance de causer un dommage par suite d'une inhalation. On le calcule de la façon suivante:

I.T.I. = 1315,12 (pression de vapeur en mm de Hg/TLV®)

à 10 °C, I.T.I. = 1315,12 (758 mm de Hg/10 ppm)

à 10 °C, I.T.I. = 9,9 x 10^4.

7.2 Données sur l'action irritante

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effets	Source
● CHEZ L'HOMME		
1 à 100 p. 100 (18 s à 60 mn)	À la suite d'applications en solution aqueuse, trois sujets sur huit montrèrent des résultats positifs (1 après 20 jours et 2 après 19 jours).	Patty, 1981
1 p. 100	Un seul essai chez 30 ouvriers ayant une moyenne d'exposition de 10,4 années ne révéla aucune sensibilisation notable.	Patty, 1981

Exposition	Effets	Source
1 p. 100 (7 s)	Irritation.	RTECS, 1979
Non précisée	Le contact avec des solutions même diluées peut causer une inflammation des ampoules, un oedème et une nécrose de la peau.	Patty, 1981

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
● CHEZ L'HOMME		
Solutions diluées	Risque d'irritation et de nécrose.	Patty, 1981
Liquide	Brûlures graves.	Matheson, 1980
● CHEZ LE LAPIN		
18 mg (6 h)	Irrigation moyenne.	RTECS, 1979
0,5 mg/dose (intervalles de 20 mn durant 6 h, 5 j)	Légère congestion conjonctivale.	Alcon, 1973, dans NIOSH, 1977b
1 à 20 p. 100	Après exposition aiguë, on observe les effets d'irrigation suivants: suppuration, irritis, opacité et endommagement de la cornée, tel qu'indiqué par une teinture à base de fluorescéine. Une conjonctivite et des rougeurs furent notées après application à la chambre antérieure.	McDonald et coll., 1973, dans NIOSH, 1977b
2,1 p. 100 en solution aqueuse	Début d'irrigation.	Glaser, 1979

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. - L'oxyde d'éthylène a une odeur oléofinique écoeurante, semblable à celle de l'éther (Verschueren, 1984). Valeur du seuil de perception: 2000 (Verschueren, 1984).

Seuil	Milieu	Teneur	Source
Seuil d'identification	Air	500 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception	Air	250 ppm	ASTM, 1980

Seuil	Milieu	Teneur	Source
Teneur moyenne perceptible	Air	700 ppm	Fed. Reg., 1982
Seuil de perception absolu	Air	260 ppm	Verschueren, 1984

7.3.2 Saveur. - Aucune donnée n'a été obtenue.

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Inhalation

Exposition	Effets	Source
	A. - Toxicité aiguë	
● CHEZ L'HOMME		
12 500 ppm (10 s)	Teneur tox. min. Irritation.	RTECS, 1979
4000 ppm (4 h)	Teneur létale 50.	AAR, 1981
500 ppm (2 mn)	Nausées, vomissements, changements dans la respiration.	DRES, 1980
Non précisée	Diarrhée, maux de tête, vomissements, confusion, excitation, changements neurologiques réversibles.	Patty, 1981
● CHEZ LE CHIEN		
1300 à 1400 ppm (4 h)	Trois animaux de laboratoire sur trois sont morts le premier jour.	Glaser, 1979
960 ppm (4 h)	Teneur létale 50.	RTECS, 1979
● CHEZ LE CHAT		
2200 ppm (3 h)	La mort survient en moins de 24 heures.	Patty, 1981
2200 ppm (1 1/2 h)	Nocif; aucune mortalité.	Patty, 1981
● CHEZ LE COBAYE		
51 000 à 64 000 ppm (10 mn)	La mort survient en moins de 24 heures.	Patty, 1981
51 000 à 64 000 ppm (5 mn)	La plupart des sujets sont morts en moins de 1 à 8 jours.	Patty, 1981
14 000 ppm (20 mn)	La plupart des sujets sont morts en moins de 1 à 8 jours.	Patty, 1981

Exposition	Effets	Source
14 000 ppm (10 mn)	Pas de dommages apparent.	Patty, 1981
7000 ppm (150 mn)	Dose létale min.	TDB (1981)
7000 ppm (1 h)	La plupart des sujets sont morts en moins de 1 à 8 heures.	Patty, 1981
7000 ppm (1/3 h)	Pas de dommage apparent.	Patty, 1981
3000 ppm (3 h)	La plupart des sujets sont morts en moins de 1 à 8 heures.	
3000 ppm (1 h)	Aucune mortalité.	Patty, 1981
2200 ppm (4 h)	Nocif; aucune mortalité.	Patty, 1981
1300 à 1400 ppm (8 h)	La plupart des sujets sont morts en moins de 1 à 8 jours.	Patty, 1981
1100 ppm (8 h)	Légèrement nocif; aucune mortalité.	Patty, 1981
560 à 600 ppm (8 h)	Mortalité occasionnelle.	Patty, 1981
250 à 280 ppm (8 h)	Légers changements respiratoires; aucune mortalité.	Patty, 1981
● CHEZ LE RAT		
1462 ppm (4 h)	Teneur létale 50.	RTECS, 1979
1100 ppm (8 h)	La mort survient en moins de 24 heures.	Patty, 1981
● CHEZ LA SOURIS		
836 ppm (4 h)	Teneur létale 50.	AAR, 1981
	B. - Toxicité chronique	
● CHEZ L'HOMME		
5 à 10 ppm (10 ans)	Aucun effet nocif noté chez 37 ouvriers de l'industrie chimique ayant travaillé à la fabrication d'oxyde d'éthylène pendant plus de 10 ans.	Doc. TLV, 1981
Non précisée (1 an)	Trois employés affectés à la stérilisation dans un hôpital furent hospitalisés, souffrant de neuropathie des membres inférieurs. Les effets furent réversibles.	Patty, 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition	Effets	Source
● CHEZ LE COBAYE		
270 mg/kg	Dose létale 50.	RTECS, 1979

Exposition	Effets	Source
● CHEZ LE RAT		
242 à 282 mg/kg (en solution aqueuse)	Dose létale 50.	Glaser, 1979
170 mg/kg	Dose létale 50.	Glaser, 1979
72 mg/kg	Dose létale 50.	RTECS, 1979
● CHEZ LE CHIEN		
Divers	La demi-vie biologique fut établie à 32 minutes. L'éthylène glycol est le principal métabolite.	Darby, 1978

7.4.3 Mutagénicité, tératogénicité et cancéroginicité

Exposition	Effets	Source
● CHEZ L'HOMME		
50 ppm (2,9 ans) (moyenne)	Plus grande prévalence statistiquement significative des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants, en provenance du sang de travailleurs exposés à l'oxyde d'éthylène; plus grande prévalence des échanges des chromatides-soeurs dans les lymphocytes circulants de certains travailleurs. Les analyses de sperme furent peu concluantes.	Abrahams 1980, dans NIOSH, 1981
20 ± 10 ppm	Exposition au formate de méthyle et à l'oxyde d'éthylène. Sur une période de 5 ans, trois cas de leucémie furent signalés (prévus: 0,2).	Hogstedt et coll., 1979, dans NIOSH, 1981
0,6 à 14 ppm avec poussée jusqu'à 730 ppm	Étude historique sur la prévision du taux de mortalité dans une fabrique suédoise d'oxyde d'éthylène. L'exposition des employés dura plus d'une année. Il y eut 9 décès par leucémie, comparé aux 3,4 prévus; les décès dus à la leucémie, au cancer de l'estomac et aux maladies de la circulation furent tous plus nombreux que prévu.	Hogstedt et coll., 1979, dans NIOSH, 1981
Non précisée	Étude de cohortes: travailleurs à temps plein; travailleurs par intermittence; témoins. On a signalé chez les travailleurs exposés régulièrement une mortalité plus élevée, par suite de tumeurs et maladies du système circulatoire et une plus forte incidence du cancer.	Hogstedt et coll., 1979, dans NIOSH, 1981

Exposition	Effets	Source
Non précisée: teneurs pics inférieures à 50 ppm	Étude de cohorte chez des travailleurs à temps plein exposés à l'oxyde d'éthylène. Un test cytogénétique indiqua une augmentation dans les brisures et les échanges dans les cellules.	Abrahams, 1980
● CHEZ LE RAT		
10,33 et 100 ppm (12 sem. 5 j/sem. avant l'accouplement; 7 j/sem. pendant et après l'accouplement)	Dans le groupe le plus exposé, il y eut réduction appréciable du nombre de ratons dans la portée. Il y eut moins de grossesses.	Union Carbide, 1979, dans NIOSH, 1981
10, 33 et 100 ppm (6 h/j, 5 j/sem.; 6, 12, 18 ou 24 mois)	Augmentation appréciable de l'incidence de la leucémie du type cellule mononucléaire et du mésothéliome péritonéal. Parmi les rats femelles, réaction proportionnelle à la dose absorbée à des expositions de 10 et de 33 ppm.	Snellings et coll., 1981, dans NIOSH, 1981
10, 33 et 100 ppm (6 h/j, 5 j/sem.; 6, 12, 18 ou 24 mois)	Chez tous les groupes, incidence accrue de la leucémie, surtout à des doses plus élevées et pour des durées d'exposition plus longues.	Rég. féd., 1982
1000 ppm (4 h)	Exposition de rats mâles; mortalité plus élevée chez la progéniture, indiquant un effet nocif sur le sperme.	Rég. féd., 1982
● CHEZ LA SOURIS		
1000 ppm (4 h)	Mutations létales dominantes.	Embree et coll., 1977, dans NIOSH, 1981
600 à 800 ppm	Relation dose-effet dans un cas de synthèse imprévue de l'ADN (UDS) dans des testicules de souris.	Cumming et coll., 1981, dans NIOSH, 1981
0,75 à 150 mg/kg (1 j pendant la gestation)	Réduction considérable du poids moyen de plusieurs des foetus malformés. Forte mortalité chez les mères à des dosages élevés à d'autres moments au cours de la gestation.	La Borde et coll., 1980, dans NIOSH, 1981
150 mg/kg	Mutations létales dominantes par suite d'une seule application intrapéritonéale.	Generoso et coll., 1980, dans NIOSH, 1981
0,1, 0,3 et 1,0 mg (91 sem.)	Injection sous-cutanée à des souris femelles: apparation d'un sarcomes à l'endroit de l'injection à compter de la 50e semaine.	Dunkelberg, 1979, dans NIOSH, 1981

Exposition	Effets	Source
30 à 60 mg/kg (1 journée)	Administration par voie intrapéritonéale à des souris mâles. Après l'accouplement, il y eut examen de la progéniture mâle pour hétérozygosité de translocation (HT) du sperme. On nota une relation dose-effet: dans le groupe ayant reçu une forte dose, 38 sur 406 des sujets souffraient de HT et 6 sur 456 dans le groupe ayant reçu une faible dose.	Generoso et coll., 1980, dans NIOSH 1981
● CHEZ D'AUTRES ESPÈCES		
Doses variées	L'oxyde d'éthylène est à la fois efficace comme agent alkylant et mutagène chez les virus, *salmonella typhimurium*, *escherischia coli*, *neurospora crassa*, l'orge, le riz, le blé et *tradecantia paludosa*.	NIOSH, 1981; Holliday, 1982
Doses variées	Des études sur *drosophila melanogaster* exposé à l'oxyde d'éthylène ont montré une augmentation dans le nombre des mutations létales rétrogrades reliées au sexe et dans le nombre des mutations de suppression autosomale; on a noté une réaction en relation directe avec la dose absorbée (relation dose-effet). Mutations létales et translocations induites à tous les stades de la spermatogénèse.	NIOSH, 1981

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante signalés dans la plupart des ouvrages de consultation. Seule la mention des symptômes ou troubles de nature particulière ou inhabituelle est suivie d'une indication de source.

7.5.1 Inhalation

1. Irritation des membranes muqueuses et des voies respiratoires (DRES, 1982)
2. Maux de tête
3. Somnolence
4. Insensibilisation de l'odorat
5. Vomissement différé (AAR, 1981)
6. Vomissements
7. Effet anesthésiant général
8. Emphysème

9. Bronchite
10. Lymphocytose
11. Dyspnée
12. Oedème des poumons
13. Dépression du système nerveux central

7.5.2 Ingestion

1. Les symptômes sont semblables aux symptômes d'intoxication par inhalation.

7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation
2. Dermatite
3. Gelure
4. Ampoules
5. Brûlures

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation
2. Larmoiement
3. Brûlures

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre l'oxyde d'éthylène et divers agents

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
En général														
Feu		•	•										Bien que miscibles à l'eau, les solutions continuent de brûler jusqu'à une dilution de 22 volumes d'eau pour un volume d'oxyde d'éthylène.	Sax, 1979; NFPA, 1978
Chaleur		•	•		•			•					Liquide inflammable; les vapeurs forment un mélange explosif avec l'air; une polymérisation exothermique peut se produire dans le récipient.	Sax, 1979; NFPA, 1978; Bretherick, 1979
Corps														
Acétylène			•										Formation d'acétylides explosifs.	Bretherick, 1979
Ammoniaque			•		•									Bretherick, 1979
Chlorure d'aluminium	•				•									NFPA, 1978
Hydroxyde d'ammonium			•										Explosion en autoclave à 150 °C.	Leleu, 1976
m-nitroaniline			•											Bretherick, 1979
Oxyde d'aluminium	•				•									NFPA, 1978

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
Oxyde de propylène	•		•			•			•		•		Réaction exothermique rapide à 300 °C.	Bretherick, 1979
Perchlorate de magnésium			•											NFPA, 1978
Potassium	•				•									NFPA, 1978
Triméthylamine			•										Il peut y avoir réaction à retardement.	Bretherick, 1979
Groupes de corps														
Acides	•				•									NFPA, 1978
Alcanéthiols			•											Bretherick, 1979
Alcools			•											Bretherick, 1979
Bases					•									NFPA, 1978
Chlorures de fer	•				•									NFPA, 1978
Chlorures d'étain	•				•									NFPA, 1978
Corps réagissant avec l'eau	•			•		•							Il peut y avoir explosion ou formation de mélanges très instables.	EPA 600/2-80-076
Explosifs			•											EPA 600/2-80-076
Hydroxydes de métaux alcalins	•				•									NFPA, 1978
Mercaptans			•											NFPA, 1978
Oxydants	•	•											Émission possible de vapeurs toxiques.	EPA 600/2-80-076
Oxydes de fer	•				•									NFPA, 1978

Agent	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Source
Réducteurs	•												Dégagement possible d'hydrogène (inflammable).	EPA 600/2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation d'origine a été respectée pour éviter toute déformation de sens; ce faisant, il a été impossible d'empêcher que n'apparaissent des divergences entre les sources d'information. En fait, les divergences au sujet de mesures qui s'appliquent à des cas particuliers ne sont qu'apparentes, l'information pouvant être correcte ou non selon la situation. Le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. - L'oxyde d'éthylène est un liquide extrêmement inflammable (Dow ERIS, 1981). Les vapeurs forment avec l'air un mélange explosif. Elles peuvent se déplacer au ras des surfaces jusqu'à atteindre une source d'inflammation et produire un retour de flamme (NFPA, 1978).

L'oxyde d'éthylène est sujet à une polymérisation exothermique dangereuse (risque d'explosion). En présence de catalyseurs comme le fer à l'état pur, des oxydes d'aluminium, des hydroxydes de métaux alcalins ou des chlorures anhydres de fer, d'aluminium ou d'étain, l'oxyde d'éthylène est sujet à des réarrangements moléculaires hautement exothermiques ou à une autopolymérisation (GE, 1980).

En cas d'extinction d'un incendie causé par l'inflammation du liquide, un danger d'éclair ou d'explosion persiste, parce que l'oxyde d'éthylène, étant un gaz liquéfié, continuera à former des mélanges explosifs de vapeurs et d'air (MCA, 1971). L'extinction d'incendies mettant en cause de grandes quantités d'oxyde d'éthylène liquide est difficile. L'incendie peut durer jusqu'à dilution du liquide avec au moins 22 parties d'eau. Il est possible qu'une diminution de la teneur en oxygène de l'air ambiant, c.-à-d. l'étouffement, soit également inefficace, car l'oxyde d'éthylène continue à brûler même si la teneur en oxygène de l'air ambiant est basse.

9.1.2 Moyens d'extinction. - Utiliser, d'une bonne distance, un jet d'eau pulvérisée pour refroidir les récipients touchés par le feu, afin de prévenir leur éclatement. L'utilisation d'un jet d'eau pulvérisée pourra mettre un terme à l'incendie lorsqu'il y aura dilution minimale de l'oxyde d'éthylène dans un rapport de 22 à 1, jusqu'à au moins 100 à 1 (NFPA, 1978; GE, 1980; CCPA, 1983).

Petit feu: poudre sèche, neige carbonique, jet d'eau pulvérisée, mousse anti-alcool.

Incendie: jet d'eau pulvérisée, jet d'eau vaporisée ou mousse.

Se tenir éloigné des têtes des citernes. Dans le cas d'un gros incendie dans la zone de déchargement, utiliser une lance sur affût télécommandée ou une lance-tourelle (ERG, 1980; GE, 1980).

9.1.3 Évacuation des lieux. - Le présent paragraphe fournit des indications quant à l'étendue des lieux à évacuer. Ces indications, qui sont tirées des sources bibliographiques consultées, ne sont pas toujours accompagnées, malheureusement, de données relatives à la quantité de polluant déversée, à la teneur en polluant de l'air, aux conditions météorologiques et aux caractéristiques du milieu. Aussi est-il recommandé au lecteur de comparer les chiffres qui apparaissent dans le tableau qui suit aux valeurs qui peuvent être obtenues en utilisant les méthodes de calcul de la zone dangereuse, à la section 5.3, lesquelles tiennent compte des facteurs susmentionnés.

Les distances indiquées ci-après sont établies à partir de l'aire occupée par la nappe, en supposant un vent dominant de 10 à 19 km/h (EAG, 1978).

Dans le cas d'une explosion, la distance minimale de protection contre la volée d'éclats est de 600 m (dans toutes les directions).

Étendue des lieux à évacuer en fonction de la superficie de la nappe

Superficie de la nappe	Distance d'évacuation à partir de la zone de danger immédiat	Zone d'évacuation sous le vent pour un maximum de sécurité
20 m^2	25 m (30 pas)	160 m de largeur sur 160 m de largeur
35 m^2	30 m (36 pas)	160 m de largeur sur 160 m de largeur
55 m^2	35 m (48 pas)	320 m de largeur sur 160 m de largeur
75 m^2	40 m (54 pas)	320 m de largeur sur 160 m de largeur

9.1.4 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.4.1 Information générale. - Arrêter ou ralentir la fuite du produit si cela ne présente aucun danger. Supprimer toute source possible d'inflammation. Éviter le contact avec la peau et l'inhalation des vapeurs (Celanese MSDS, 1979). Les conteneurs fuyards devraient être transportés à l'air libre ou dans un local situé à l'écart et largement ventilé. Les contenus devraient être transvasés dans des récipients convenables (MCA, 1971).

9.1.4.2 Déversement sur le sol. - Essayer de confiner le liquide au moyen de barrages mécaniques ou chimiques pour empêcher l'étalement (EPA 670/2-75-042). On peut utiliser du Hycar pour diminuer les émissions de vapeurs et absorber le liquide.

9.1.4.3 Déversement dans l'eau. - Essayer de confiner l'eau polluée et employer du charbon actif dans une proportion de 10 p. 100 de la masse de liquide déversé dans la zone où la teneur en polluant est de 10 mg/l ou plus. Utiliser des dragues mécaniques ou des appareils de levage pour enlever le charbon (EPA 670/2-75-042).

9.1.5 Élimination du polluant. - Il ne faut jamais déverser l'oxyde d'éthylène résiduaire directement dans les égouts ou les eaux de surface. On peut le brûler dans un incinérateur approprié.

9.1.6 Appareils et vêtements de protection. - Pour intervenir sur le lieu d'un déversement lorsque ni la nature du polluant déversé ni ses propriétés ne sont connues, il faut porter un appareil respiratoire isolant autonome et un scaphandre résistant aux agents chimiques.

Si l'on sait que le polluant déversé est de l'oxyde d'éthylène, on doit savoir que:

- Il faut porter des lunettes de protection contre les agents chimiques, des vêtements imperméables et un appareil respiratoire isolant autonome (Celanese MSDS, 1979);
- Les matériaux de vêtements suivants ont un temps de protection de 1 heure environ: le caoutchouc butyle, le nitrile et le polyéthylène chloré. Les matériaux suivants ont un temps de protection de moins de 1 heure: le caoutchouc naturel, le néoprène, le PVC et le Viton (Little, 1983);
- Il ne faut pas utiliser des vêtements de protection qui ont été souillés par de l'oxyde d'éthylène (GE, 1980). Les vêtements de cuir ne devraient pas être portés de nouveau, mais nettoyés par immersion dans l'eau pendant plusieurs jours, puis enfouis dans une décharge. On peut faire aérer les vêtements de caoutchouc pendant plusieurs jours avant de les porter à nouveau (CCPA, 1983);
- Des douches oculaires automatiques, des douches de sécurité et des appareils à laver d'accès facile doivent se trouver sur les lieux du déversement et de l'intervention (CG, 1980);
- Il faut un masque couvre-visage lorsque la teneur dépasse 500 ppm (CG, 1980);
- Des appareils respiratoires isolants autonomes ou à adduction d'air doivent être prêts à utiliser en cas d'urgence ou de dépassement de la TLV® (GE, 1980).

9.1.7 Entreposage

9.1.7.1 Information générale.- Le dépôt doit être un endroit frais (30 °C), largement ventilé, situé à l'écart, de préférence à l'air libre et à distance de tout bâtiment, où les risques d'incendie sont minimes, et protégé par des diffuseurs. Disposer les récipients à l'écart des sources de chaleur et d'inflammation. Réduire au minimum l'entreposage dans un local. Il faut endiguer les réservoirs de grandes dimensions et placer les récipients à l'abri des dégradations. Mettre à la terre tous les conduits et l'équipement pour assurer une protection contre les étincelles d'électricité statique. Il faut maintenir une pression positive au-dessus du liquide dans les réservoirs d'entreposage au moyen d'un gaz inerte comme l'azote. Utiliser des appareils électriques anti-déflagrants (GE, 1980). Une polymérisation lente de l'oxyde d'éthylène est possible durant l'entreposage. Pour assurer la sécurité de l'entreposage sous une

couche d'azote ou de méthane, on recommande les pressions suivantes: 150 kPa à 10 °C, 200 kPa à 20 °C et 350 kPa à 30 °C. Des températures excessives ou la contamination par des impuretés comme l'eau, les alcalis, les acides, les oxydes métalliques, les sels de fer ou d'aluminium peuvent amener une polymérisation rapide (Kirk-Othmer, 1980).

9.1.7.2 Entreposage des fûts. - On suggère une distance de 15 m entre les dépôts, qui doivent être sous couvert pour protéger les fûts contre le soleil, la pluie, etc., mais de préférence sans mur. Si la chose est impossible, il faut une ventilation qui assure au moins 12 renouvellements de l'air par heure. L'oxyde d'éthylène étant explosif, les normes pour l'équipement électrique sont de la classe 1, groupe B, division II. Les fûts vides sont aussi dangereux que les fûts pleins; il faut les remplir d'azote aussitôt que possible. Il faut équiper les dépôts et autres lieux de manutention d'outils à l'épreuve des étincelles (Bridge, 1980).

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

10.1 Information générale

L'information relative aux déversements accidentels antérieurs contenue dans le présent chapitre aidera le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises en cas de déversement accidentel. Seuls les cas qui offrent un intérêt pour le lecteur sont présentés; en conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème ni la fréquence des déversements. Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les éditions ultérieures, au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

10.2 Déversement dû à un wagon-citerne fuyard (HMIR, 1981)

L'attelage d'un wagon de fret a percé le devant d'un wagon-citerne contenant 98 500 l d'oxyde d'éthylène à la suite d'une collision. L'oxyde d'éthylène qui s'échappait prit feu. On entreprit l'évacuation des lieux situés dans un rayon de 0,8 km. On détourna la circulation aérienne et terrestre comme mesure de précaution contre l'incendie. À leur arrivée, les pompiers arrosèrent le wagon-citerne pour le refroidir et réduire ainsi le risque d'explosion. On laissa brûler l'écoulement d'oxyde d'éthylène. Les équipes d'intervention, dès leur arrivée sur les lieux, commencèrent à introduire de l'azote dans la partie supérieure du wagon-citerne endommagé, afin d'augmenter la pression sur la surface de la masse d'oxyde d'éthylène, dans le but d'accélérer le débit de fuite et le taux de combustion, prévenant ainsi une accumulation de vapeurs qui aurait pu causer une explosion. L'incendie dura une journée et une nuit.

Le lendemain, on estima qu'il restait à peu près 49 000 l de produit dans le wagon-citerne. Les équipes d'intervention branchèrent une conduite d'une longueur de 120 m au wagon-citerne, ce qui permit un débit de sortie d'environ 2 l/s. Le produit ainsi soutiré fut brûlé, sous surveillance, dans un fossé de retenue. Après une combustion presque complète et une fois passé le danger d'explosion, les pompiers dirigèrent des jets d'eau vers l'intérieur du wagon-citerne pour éteindre le feu.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyses d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse (NIOSH, 1977a). - La méthode de dosage par chromatographie en phase gazeuse utilisant un système de détection par ionisation de flamme permet de déterminer des teneurs de l'air en oxyde d'éthylène variant de 41 à 175 mg/m^3 (soit 22,8 à 97,7 ppm).

On fait passer un volume d'air déterminé dans deux tubes de verre ayant chacun une longueur de 10 cm et un diamètre extérieur de 8 mm, disposés en série, chaque tube étant rempli de charbon actif de granulométrie 20/40. La colonne avant contient 400 mg de charbon actif et la colonne auxiliaire, 200 mg. Aux deux extrémités de chaque colonne sont insérés des tampons de laine de verre traitée par silylation. On recommande un volume de 5 l pour l'échantillon d'air et un débit de 50 ml/mn. Le dosage des échantillons doit se faire rapidement; si on ne peut effectuer le dosage immédiatement, il faut entreposer les échantillons au froid.

On fait une coche à la colonne avant avec une lime et on la brise. On transfère le charbon actif dans un récipient de 5 ml à bouchon en téflon contenant 2,0 ml de disulfure de carbone. On répète la même opération pour la colonne auxiliaire.

Il faut allouer 30 mn pour la désorption des échantillons. On injecte un prélèvement de 5 l dans un appareil de chromatographie en phase gazeuse, muni d'un détecteur à ionisation de

flamme. On détermine la quantité d'oxyde d'éthylène en évaluant l'aire du pic au moyen d'un intégrateur électronique, puis on mesure la teneur à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

L'équipement nécessaire et les conditions types d'analyse par chromatographie en phase gazeuse sont comme suit: débit du gaz porteur (azote): 30 ml/mn; débit de l'hydrogène: 30 ml/mn; débit de l'air: 300 ml/mn; température du bloc à injection: 155 °C; température du détecteur: 200 °C; température de la colonne: 150 °C. Il faut de plus un tube en acier inoxydable de 10 pi de longueur, d'un diamètre de 1/8 po, rempli de Porapak QS compacté.

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

À l'aide d'un tube de détection de gaz Dräger, on peut déterminer des teneurs de l'air en oxyde d'éthylène allant de 25 à 500 ppm (soit 14 à 278 mg/m^3). Au moyen d'une pompe à détection pour gaz, on fait passer un volume d'air déterminé par un tube de détection de gaz Dräger pour l'oxyde d'éthylène. Un changement de la couche révélatrice du jaune pâle au vert pâle turquoise indique la présence d'oxyde d'éthylène (Dräger, 1979).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Infrarouge de partage (AWWA, 1981). - Au moyen d'une méthode de spectrophotométrie à l'infrarouge, dont on peut se servir pour une variété de composés organiques, on peut déterminer des teneurs de l'eau en oxyde d'éthylène variant de 40 à 400 ppm.

On prélève un échantillon représentatif d'au moins 1 litre dans un récipient convenable, et on l'acidifie avec de l'acide chlorhydrique dilué pour obtenir un pH de 2. Un volume de 5 ml d'acide devrait suffire. On transvase l'échantillon dans un entonnoir à décantation, on rince le récipient contenant l'échantillon avec 30 ml de Fréon 113 (trichloro-1,1,2 trifluoro-1,2,2 éthane) qu'on verse dans l'entonnoir à décantation. La couche de solvant est décantée dans une fiole jaugée de 100 ml. On procède à deux autres extractions de 30 ml de Fréon chacune, et l'on combine les extraits dans la fiole jaugée de 100 l. On allonge le volume à 100 l avec du Fréon.

On procède à un balayage de l'échantillon au moyen d'un spectrophotomètre à l'infrarouge approprié, de 3200 à 2700 cm^{-1}, utilisant des cellules appariées de 1 cm. On détermine la teneur en polluant de l'échantillon au moyen d'une courbe d'étalonnage.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

On peut effectuer une détermination qualitative de l'oxyde d'éthylène dans l'eau par spectrophotométrie à l'infrarouge. Le prélèvement de l'échantillon se fait comme en 11.3.1 et l'extraction se fait avec du Fréon 113 (trichloro-1,2,2 trifluoro-1,2,2 éthane).

On procède au balayage de l'échantillon au moyen d'un spectrophotomètre à infrarouge à double faisceau, muni d'un enregistreur, de 3200 à 2700 cm^{-1}, utilisant des cellules appariées

de 1 cm. On emploie du Fréon dans la cellule témoin. Un chromatogramme d'absorbance caractéristique indique la présence d'oxyde d'éthylène (AWWA, 1981).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)

11.5.1 Infrarouge de partage (AWWA, 1981). - On utilise cette méthode pour la détermination de teneurs du sol en oxyde d'éthylène dépassant 40 ppm. On prélève, dans un pot de verre, un échantillon de sol d'environ 20 g, qu'on pèse avec précision. On utilise du Fréon 113 (1,1,2-trichloro-1,1,2 trifluoro-1,2,2 éthane) pour extraire l'oxyde d'éthylène. On fait trois extractions de 30 ml de Fréon chacune. Les extraits sont combinés dans une fiole jaugée de 100 l. On allonge le volume à 100 l avec du Fréon. On procède à un balayage de l'échantillon au moyen d'un spectrophotomètre à infrarouge de 3200 à 2700 m^{-1}, utilisant des cellules de silice appariées de 1 cm pour usage dans le quasi-infrarouge. On détermine la teneur de l'échantillon en polluant à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

On peut déterminer la présence de l'oxyde d'éthylène dans l'eau qualitativement par spectrophotométrie à l'infrarouge. Le prélèvement de l'échantillon se fait comme en 11.5.1 et on se sert du Fréon 113 (1,1,2,-trichloro-1,1,2 trifluoro-1,2,2 éthane) pour extraire le polluant.

Le balayage de l'échantillon se fait avec un spectrophotomètre à infrarouge à double faisceau, muni d'un enregistreur, de 3200 à 2700 cm^{-1}, utilisant des cellules appariées de 1 cm. La cellule témoin contient du Fréon. Un chromatogramme d'absorbance caractéristique indique la présence d'oxyde d'éthylène (AWWA, 1981).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE
(Listes reproduites de l'édition anglaise)

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

Abrahams 1980: Abrahams, R.H., "Recent Studies with Workers Exposed to Ethylene Oxide", IN The Safe Use of Ethylene Oxide, Proceedings of the Educational Seminar, held June 16-17, 1980, Arlington, VA, sponsored by Health Industry Manufacturers Association, Washington, DC (1980).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, ASTM Data Series DS-48A (1980).

AWWA 1981: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th edition, American Public Health Association, Washington, DC, p. 462, Method 503B (1981).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Bridge 1980: Bridge, D.P., "Ethylene Oxide: Safety Rules and Regulations", IN The Safe Use of Ethylene Oxide, Proceedings of the Educational Seminar, held June 16-17, 1980, Arlington, VA, sponsored by Health Industry Manufacturers Association, Washington, DC (1980).

Bridié 1979: Bridié, A.L., C.J.M. Wolf and M. Winter, "The Acute Toxicity of Some Petrochemicals to Goldfish", Water Research, Vol. 13, pp. 623-626 (1979).

Canada Safety Council 1982: Canada Safety Council - Conseil Canadien de la Sécurité, Hazard Warning: Ethylene Oxide (EtO), Ottawa, Ontario (April, 1982).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

CCP 1981: "More Ethylene Planned for Alberta", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, p. 20 (October, 1981).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario (October, 1981).

CCPA 1983: Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, private communication (1983).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

Celanese MSDS 1979: Celanese Chemical Company, Inc., Material Safety Data Sheet, "Ethylene Oxide", Dallas, TX (November, 1979).

Celanese PB 1978: Celanese Chemical Company, Inc., Product Bulletin Sheet, Dallas, TX (1978).

CG-D-38-76: Bauer, W.H., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76 (August, 1975).

Chem. Eng. 1976: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 83, No. 8, pp. 129-137 (12 April 1976).

CHRIS 1974: U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-446-3 (April, 1974).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Corpus 1983: Corpus Information Services Ltd., "Ethylene Oxide", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (June 30, 1983).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

Darby 1978: Darby, T.D. and L. Martis, Safety of Residual Chemicals Following Ethylene Oxide Sterilization of Medical Devices, prepared for Health Industry Manufacturers Association, Washington, DC (1978).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

Dow ERIS 1981: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario (September, 1981).

Dow MSDS 1980: Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario (10 September 1980).

Dow TED 1978: Dow Chemical Canada Inc., Transportation Equipment Data, Sarnia, Ontario (1978).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Drager 1979: Leichnitz, K. (ed.), "Air Investigations and Technical Gas Analysis with Drager Tubes", Detector Tube Handbook, fourth edition, Lubeck, Germany, p. 78 (1979).

DRES 1982: Mendoza, C.E. and J.W. Coleman, Current Toxicology of Ethylene Oxide, Defence Research Establishment, Suffield, Alberta, DRES Report No. 356 (1982).

EAG 1978: U.S. Department of Transportation, Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1978).

EOPD 1977: Ethylene Oxide Position Document I, U.S. Environmental Protection Agency, Arlington, VA, NTIS PB 80-213903 (14 October, 1977).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

Fed. Reg. 1982: "Occupational Exposure to Ethylene Oxide", Federal Register, Vol. 47, No. 17 (1982).

GE 1980: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, "Ethylene Oxide", Material Safety Information Services, Schenectady, NY (May, 1980).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated).

Glaser 1979: Glaser, Z.R., "Ethylene Oxide: Toxicology Review and Field Study Results of Hospital Use", IN Proceedings of Toxicological and Carcinogenic Health Hazards in the Workplace, 1st Annual NIOSH Scientific Symposium, 17-19 April, Cincinnati, OH (1979).

GPP: Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN (not dated).

Hansch and Leo 1979: Hansch, C. and A. Leo, Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1979).

Health and Welfare Canada 1982: Liston, A.J., Alert/Medical Devices: Use of Ethylene Oxide as a Sterilizing Agent, Health and Welfare Canada, Health Protection Branch, Ottawa, Ontario (January, 1982).

HMIR 1981: World Information Systems, "Ethylene Oxide Tank Car Burns in New Jersey", Hazardous Material Intelligence Report, p. 4 (31 July,1981).

Holliday 1982: Holliday, M.G., F.R. Angelhardt and R.A. Meng, Occupational Health Aspects of Ethylene Oxide in Ontario, Michael Holliday and Associates, for Ontario Ministry of Labour, Ottawa, Ontario (1982).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

JANAF 1971: Stull, D.R. and H. Prophet, JANAF Thermochemical Tables, second edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, DC (June, 1971).

Kirk-Othmer 1980: Grayson, M. and D. Eckroth, (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 9, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1980).

Krassig 1974: Krassig, V.R., D. Reinke and H. Baumgartel, Ber. Buns. Phys. Chem., Vol. 78, p. 425 (1974).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Leleu 1976: Leleu, M.J., "Les réactions chimiques dangereuses - hydroxide d'ammonium", Cahiers de Notes Documentaires, Note 1023-84-76, Paris, France (1976).

Little 1983: Little, A.D. (ed.), Relationship Between Organic Chemical Pollution of Fresh Water and Health, A.D. Little Inc., Cambridge MA (December, 1983).

Matheson 1974: Matheson Gas Products, The Matheson Unabridged Gas Data Book, Lyndhurst, NJ (1974).

Matheson 1980: Braker, W. and A.L. Mossman, Matheson Gas Data Book, sixth edition, Matheson Gas Products, Lyndhurst, NJ (1980).

MCA 1971: Manufacturing Chemists Association, Ethylene Oxide, Washington, DC (1971).

MWPP 1978: Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC (1978).

NIOSH 1977a: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, second edition, Vol. 3, S. 286, Cincinnati, OH (April, 1977).

NIOSH 1977b: National Institute for Occupational Safety and Health, Special Occupational Hazard Review with Control Recommendations: Use of Ethylene Oxide as a Sterilant in Medical Facilities, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Rockville, MD (August, 1977).

NIOSH 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Current Intelligence Bulletin No. 35, Ethylene Oxide (EtO): Evidence of Carcinogenicity, Cincinnati, OH (1981).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123 (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario 1981: Ontario Ministry of Labour, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Work Places, (FOR DISCUSSION ONLY), Standards and Programs Branch, Ministry of Labour, Toronto, Ontario (May, 1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

Patty 1981: Clayton, G.D. and F.E. Clayton (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, third revised edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario (1981).

Pickering 1966: Pickering, O.H. and C. Henderson, "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429 (1966).

Raj 1974: Raj, P.P.K. and A.S. Lakekar, Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, DC, p. 238 (January, 1974).

RTDCR 1974: Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Sask. 1981: Saskatchewan Ministry of Labour, Occupational Health and General Regulations, Occupational Health and Safety Branch, Regina, Saskatchewan (May, 1981).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1979).

Shreve 1977: Shreve, R.N. and J.A. Brink, Chemical Process Industries, fourth edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, available from National Library of Medicine, Washington, DC (1981).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH (1983).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Ullmann 1975: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Union Carbide: Union Carbide Inc., Operation Safetox: A Guide for the Safe Handling of Ethylene Oxide (not dated).

Verschueren 1984: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

12.2 Bibliographie

Abrahams, R.H., "Recent Studies with Workers Exposed to Ethylene Oxide", IN The Safe Use of Ethylene Oxide, Preceedings of the Educational Seminar, held June 16-17, 1980, Arlington, VA, sponsored by Health Industry Manufacturers Association, Washington, DC (1980).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, fourth edition, Cincinnati, OH (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH (1983).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, ASTM Data Series DS-48A (1980).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th edition, American Public Health Association, Washington, DC, p. 462, Method 503B (1981).

Bauer, W.H. et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76 (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA (May, 1981).

Braker, W. and A.L. Mossman, Matheson Gas Data Book, sixth edition, Matheson Gas Products, Lyndhurst, NJ (1980).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, second edition, Butterworths, London, England (1979).

Bridge, D.P., "Ethylene Oxide: Safety Rules and Regulations", IN The Safe Use of Ethylene Oxide, Proceedings of the Educational Seminar, held June 16-17, 1980, Arlington, VA, sponsored by Health Industry Manufacturers Association, Washington, DC (1980).

Bridié, A.L., C.J.M. Wolf and M. Winter, "The Acute Toxicity of Some Petrochemicals to Goldfish", Water Research, Vol. 13, pp. 623-626 (1979).

Canada Safety Council - Conseil Canadien de la Sécurité, Hazard Warning: Ethylene Oxide (EtO), Ottawa, Ontario (April, 1982).

Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, private communication (1983).

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario (October, 1981).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario (1974).

Celanese Chemical Company, Inc., Material Safety Data Sheet, "Ethylene Oxide", Dallas, TX (November, 1979).

Celanese Chemical Company, Inc., Product Bulletin Sheet, Dallas, TX (1978).

Clayton, G.D. and F.E. Clayton (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Ethylene Oxide", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario (June 30, 1983).

Darby, T.D. and L. Martis, Safety of Residual Chemicals Following Ethylene Oxide Sterilization of Medical Devices, prepared for Health Industry Manufacturers Association, Washington, DC (1978).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1979).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario (1967).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario (September, 1981).

Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario (10 September 1980).

Dow Chemical Canada Inc., Transportation Equipment Data, Sarnia, Ontario (1978).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI (1978).

Ethylene Oxide Position Document I, U.S. Environmental Protection Agency, Arlington, VA., NTIS PB 80-213903 (14 October 1977).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, "Ethylene Oxide", Material Safety Information Services, Schenectady, NY (May, 1980).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, CA (not dated).

Glaser, Z.R., "Ethylene Oxide: Toxicology Review and Field Study Results of Hospital Use", IN Proceedings of Toxicological and Carcinogenic Health Hazards in the Workplace, 1st Annual NIOSH Scientific Symposium, 17-19 April, Cincinnati, OH (1979).

Grayson, M. and D. Eckroth (eds.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, third edition, Vol. 9, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1980).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, CA (1978).

Hansch, C. and A. Leo, Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY (1979).

Hatayama, H.K., J.J. Chen, E.R. deVera, R.D. Stephens and D.L. Storm, A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (April, 1980).

Holliday, M.G., F.R. Angelhardt and R.A. Meng, Occupational Health Aspects of Ethylene Oxide in Ontario, Michael Holliday and Associates, for Ontario Ministry of Labour, Ottawa, Ontario (1982).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan (1981).

Krassig, V.R., D. Reinke and H. Baumgartel, Ber. Buns. Phys. Chem., Vol. 78, p. 425 (1974).

Lefèvre, M.J. and E.O. Becker, First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg, PA (1980).

Leichnitz, K. (ed.), "Air Investigations and Technical Gas Analysis with Drager Tubes", Detector Tube Handbook, fourth edition, Lubeck, Germany, p. 78 (1979).

Leleu, M.J., "Les réactions chimiques dangereuses - hydroxide d'ammonium", Cahiers de Notes Documentaires, Note 1023-84-76, Paris, France (1976).

Lewis, R.J. and R.L. Tatken, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH (September, 1980).

Liston, A.J., Alert/Medical Devices: Use of Ethylene Oxide as a Sterilizing Agent, Health and Welfare Canada, Health Protection Branch, Ottawa, Ontario (January, 1982).

Little, A.D. (ed.), Relationship Between Organic Chemical Pollution of Fresh Water and Health, A.D. Little Inc., Cambridge, MA (December, 1983).

Manufacturing Chemists Association, Ethylene Oxide, Washington, DC (1971).

Matheson Gas Products, The Matheson Unabridged Gas Data Book, Lyndhurst, NJ (1974).

Mendoza, C.E. and J.W. Coleman, Current Toxicology of Ethylene Oxide, Defence Research Establishment, Suffield, Alberta, DRES Report No. 356 (1982).

"More Ethylene Planned for Alberta", Canadian Chemical Processing, Vol. 65, No. 7, p. 20 (October, 1981).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 286, Cincinnati, OH (April, 1977).

National Institute for Occupational Safety and Health, Special Occupational Hazard Review with Control Recommendations: Use of Ethylene Oxide as a Sterilant in Medical Facilities, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Rockville, MD (August, 1977).

"Occupational Exposure to Ethylene Oxide", Federal Register, Vol. 47, No. 17 (1982).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC (1981).

Ontario Ministry of Labour, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Work Places, (FOR DISCUSSION ONLY), Standards and Programs Branch, Ministry of Labour, Toronto, Ontario (May, 1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended (1971).

Pickering, O.H. and C. Henderson, "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429 (1966).

Pilie, R.J. et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042 (June, 1975).

Raj, P.P.K. and A.S. Lakekar, Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, DC, p. 238 (January, 1974).

Rehau, Mechan-O-Joint Water Pressure Pipe and Fittings, Montreal, Quebec (1978).

Saskatchewan Ministry of Labour, Occupational Health and General Regulations, Occupational Health and Safety Branch, Regina, Saskatchewan (May, 1981).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, fifth edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1979).

Shreve, R.N. and J.A. Brink, Chemical Process Industries, Fourth Edition, McGraw-Hill Book Company Inc., New York, NY (1977).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario (December, 1980).

Stull, D.R. and H. Prophet, JANAF Termochemical Tables, second edition, Office of Standard Reference Data, U.S. National Bureau of Standards, Washington, DC (June, 1971).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, available from National Library of Medicine, Washington, DC (1981).

Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie, Verlag Chemie, Weinheim (1975).

Union Carbide Inc., Operation Safetox: A Guide for the Safe Handling of Ethylene Oxide (not dated).

Uniroyal Inc., Guide to Polymer Properties, Mishawaka, IN (not dated).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123 (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Current Intelligence Bulletin No. 35, Ethylene Oxide (EtO): Evidence of Carcinogenicity, Cincinnati, OH (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, U.S. Department of Health, Education and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC (1978).

U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-446-3 (April, 1974).

U.S. Department of Transportation, Emergency Action Guide for Selected Hazardous Materials, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1978).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC (1978).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY (1984).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH (1980).

World Information Systems, "Ethylene Oxide Tank Car Burns in New Jersey", Hazardous Material Intelligence Report, p. 4 (31 July, 1981).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 83, No. 8, pp. 129-137 (12 April, 1976).